

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНОГО
ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ**

до виконання розрахунково графічної роботи

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавр за освітніми
програмами: Прикладна механіка пластичності матеріалів,
Технологія виробництва літальних апаратів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»*

Київ 2021

Технологія холодного об'ємного штампування: до виконання розрахунково графічної [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.Л. Калюжний, В.М. Горностай, С.Ф. Сабол. Електронні текстові дані (1 файл: 4.1 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 56 с.

Гриф надано Методичною радою ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 13.05.2021 р.) за поданням Вченої ради Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 7 від 22.02.2021 р.)

Електронне мережеве видання

ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНОГО ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ

до виконання розрахунково графічної роботи

Укладачі: *Калюжний Володимир Леонідович, докт. техн. наук, проф.
Горностай Вадим Миколайович, канд. техн. наук,
Сабол Сергій Францович, канд. техн. наук, доц.*

Відповідальний
редактор Піманов В.В., к.т.н

Рецензент Ковальов В.А., д.т.н., проф., професор кафедри прикладної
гідроаеромеханіки і механотроніки механіко-машинобудівного
інституту

Наведено послідовність розроблення технологічного процесу для отримання виробів холодним об'ємним штампуванням. Обґрунтовано переваги процесів холодного об'ємного штампування, розглянуті схеми отримання мірних заготовок та наведено рекомендації по призначенню термічної обробки та змащення Розглянуті основні типові конструкції штампового оснащення для отримання різноманітних виробів холодним об'ємним штампуванням.

Зміст

Основні скорочення та позначки	3
Вступ	4
1 Аналіз технологічності виготовлення деталей методами ХОШ	7
2 Виготовлення штучних заготовок для процесів ХОШ	15
3 Змащення яке використовується в процесах ХОШ	24
4 Конструювання штампового оснащення для процесів ХОШ	30
5 Типові конструкції штампового оснащення для отримання виробів методами ХОШ	43
Література	53

Основні скорочення та позначки

ХОШ - холодне об'ємне штампування

КВМ - коефіцієнтом використання металу

ε - ступінь деформації

$\sigma_{0,2}$ - умовна межа текучості

σ_s - напруження текучості здеформованого металу

μ - коефіцієнт тертя

Вступ

Основним завданням технології металообробного виробництва є виготовлення деталей з найменшою працемісткістю з найбільшою продуктивністю і коефіцієнтом використання металу (КВМ), причому якість виробів повинна задовольняти умовам експлуатації. Для рішення цього завдання передбачений ряд виробництв, у тому числі й ковальсько-штампувальні. Як правило, деталі із заданими розмірами, чистотою поверхні одержують обробкою різанням. Однак, для забезпечення необхідних механічних характеристик виробів, зниження затрат, підвищення КВМ і продуктивності важливе значення має технологія холодного об'ємного штампування (ХОШ). У теперішній час процеси ХОШ знаходять усе більш широке розширення в промисловості.

Переваги ХОШ наступні: 1. Можливість одержання заготовок за формою й розмірами максимально наближеними до готових машинобудівних деталей, що дозволяє звести до мінімуму або виключити подальшу механічну обробку; 2. Висока точність розмірів та чистота поверхонь виробів, що отримуються; 3. Зміцнення, що відбувається в результаті холодної деформації, дозволяє замінити високолеговані сталі на низьколеговані, високовуглецеві сталі – низьковуглецевими без зміни службових властивостей виробів; 4. КВМ може бути доведений до 98 - 100 %, що вище на 30 % у порівнянні з гарячим штампуванням, і в 2 - 3 рази вище чим при обробці різанням; 5. Висока продуктивність праці при малих працезатратах; 6. Можливість механізації і автоматизації подачі вихідних заготовок та видалення отриманих виробів із робочого простору штампа-преса. За умовами автоматизації ХОШ значно випереджає гаряче штампування; 7. Можливість застосування в умовах масового, крупносерійного та дрібносерійного виробництва; 8. Можливість скорочення числа переходів у порівнянні з холодним листовим штампуванням; 9. Можливість отримання

виробів із заданим розподілом фізико-механічних властивостей по об'єму zdeформованого металу.

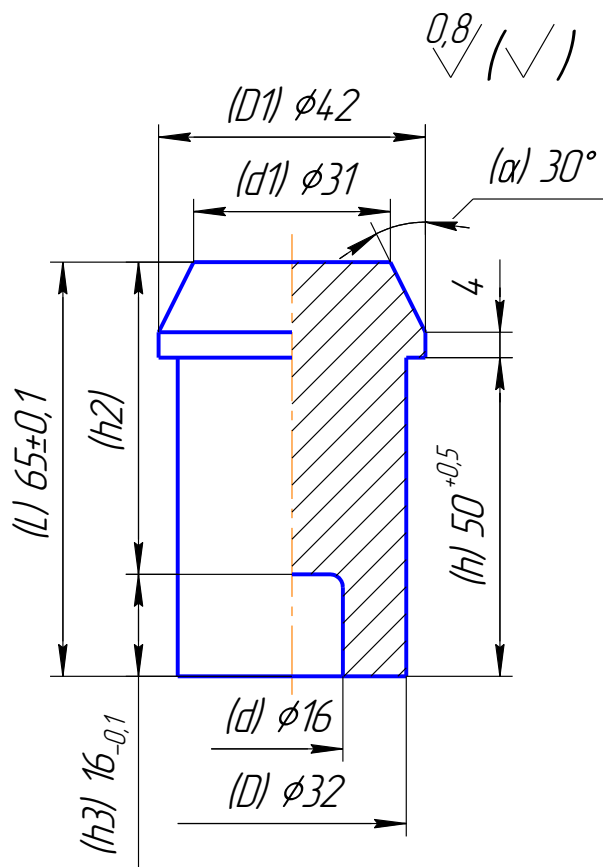
Тимчасовим обмежуючим фактором поширення процесів ХОШ у виробництві є наявність високих питомих зусиль при деформування заготовки, які перевищують у деяких випадках в 4-6 разів межу течії металу, що деформується. Це висуває жорсткі вимоги до міцності деформуючого інструмента.

Завдання інженера, технолога, конструктора - вибрати найбільш оптимальний варіант технології, конструкції інструмента, параметрів обладнання.

1. Аналіз технологічності виготовлення деталей методами ХОШ

При виконанні аналізу технологічності виготовлення деталі методами ХОШ (розглянемо на прикладі деталі наведеної на рис.1) технолог має розробити креслення деталі, що видавлюється, та виконати розрахунок розмірів вихідної заготовки. Для цього необхідно визначити спосіб отримання деталі методами холодного об'ємного штампування (ХОШ), розрахувати необхідну кількість переходів для отримання виробу.

На рис. 1.1 показане креслення деталі, яку необхідно виготовити методами ХОШ.



1. Сталь 10
2. H14, h14, ±IT14/2

Рис . 1.1. Креслення деталі

При ХОШ внаслідок зміцнення, значно підвищуються фізико-механічні властивості матеріалу, що деформується. Тому можлива заміна марки матеріалу на більш дешеву, при переході технології виготовлення з обробки різанням на ХОШ. Це дозволить значно знизити силові режими деформування й істотно підвищити стійкість деформуючого інструмента, знизити собівартість деталі. Але службові характеристики виробу не зміняться. В першому наближенні заміну марки матеріалу можливо зробити використовуючи діаграму

істинних напружень (криву зміцнення) [1]. Для цього необхідно визначити середній ступінь деформації (ϵ) при виготовленні методами ХОШ. Визначивши ступінь деформації, по діаграмі істинних напружень $\sigma_s = f(\epsilon)$

маємо можливість виявити σ_s здеформованого металу. Вказане значення σ_s необхідно порівняти з межею умовної течії $\sigma_{0,2}$ матеріалу деталі згідно креслення. При $\sigma_s \geq \sigma_{0,2}$ заміна марки матеріалу можлива. Для даної деталі заміна марки сталі неможлива, оскільки середня частина її не деформується при виготовленні методами ХОШ.

Проводиться аналіз можливості отримання окремих елементів виробу при заданих співвідношеннях розмірів, радіусів переходу від одного елемента до другого, точності і чистоти поверхонь. Якщо який-небудь елемент не може бути отриманим з заданими розмірами, то при погодженні з конструктором деталі виясняються можливості конструктивних змін: радіусів заокруглень порожнин і виступів, форми виступів, кути виходячи з погляду плинності металу при видавлюванні. Це виконують на етапі розробки креслення деталі, що видавлюється.

Вибір варіанта технології.

Основна задача проектування технології – це вибір методу ХОШ, розподіл процесу холодного формоутворення на прості операції при високих ступенях деформації та питомих зусиллях, вибір послідовності та суміщення операцій, а також вибір розмірів і форми заготовки.

Згідно креслення деталі технологія виготовлення її включає наступні операції:

1. Відрізка зсувом в штампі прокату діаметром 36 мм на мірні заготовки;
2. Відпал заготовок. Вказана операція необхідна для зниження твердості та підвищення пластичності вихідного матеріалу при ХОШ;
3. Очистка заготовок від окалини, підготовка поверхонь заготовки під нанесення змащення, нанесення змащення;
4. Висаджування верхньої конусної частини (головки) діаметром 42мм з одночасним прямим видавлюванням стінки товщиною 10мм.

Важливим етапом є визначення можливості отримання деталі за 1 перехід та кількості переходів. Дана деталь по розмірам діаметра відноситься до середньої групи ($D1 = 10-50\text{мм}$): по відношенню довжини деталі до її діаметра $L/D1=65/36=1.8$ - до 3-й групі. З відповідної таблиці джерела [2] (стор.107) знаходимо гранично допустимий ступінь деформації за один перехід для процесу осаджування для сталі 10 складає 60% та видавлювання стінки 80 %.

Необхідно визначити ступені деформації для операцій ХОШ (осаджування та видавлювання стінки) при виготовленні даної деталі:

При видавлюванні стінки :

$$\epsilon = \frac{d^2}{D^2} * 100\% = \frac{16^2}{36^2} * 100\% = 19.75\% < 80 \%$$

(де $d=16$ мм – діаметр отвору, $D=36$ мм зовнішній діаметр стержня)

При висаджуванні головки:

$$\epsilon = \frac{H_3 - h}{H_3} * 100\%, \text{ де } H_3 - \text{висота частини заготовки перед}$$

висаджуванням; h – висота частини заготовки після осаджування ($h = 15$ мм по кресленню виробу).

Висоту H_3 необхідно розрахувати з умови незмінності об'єму: треба визначити, яка висота заготовки необхідна для отримання головки діаметром 42 мм з вихідної заготовки діаметром 36 мм.

Знаходимо об'єм головки (див. рис. 1.1):

$V_{\text{г}} = V_{\text{з.к.}} + V_{\text{цил.}}$, де $V_{\text{г}}$ - об'єм головки, $V_{\text{з.к.}}$ - об'єм зрізаного конуса головки ; $V_{\text{цил.}}$ - об'єм циліндричної частини головки.

$$V_{\text{з.к.}} = \frac{1}{3} \pi H_{\text{з.к.}} (R^2 + R * r + r^2) = (1/3) * 3,14 * (21^2 + 21 * 15,5 + 15,5^2) = 11591,04 \text{мм}^3$$

$$V_{\text{цил.}} = \pi R^2 * H_{\text{цил.}} = 3.14 * 21^2 * 4 = 5538,96 \text{мм}^3$$

$$\text{Тоді } V_2 = V_{з.к.} + V_{цил.} = 11591,04 + 5538,96 = 17130 \text{ мм}^3$$

Об'єм V_2 повинен дорівнювати об'єму вихідної заготовки $V_{в.з}$ діаметром 36 мм для висаджування головки:

$$V_{в.з} = \pi R_3^2 * H_3$$

$$\text{Звідки } H_3 = \frac{V_3}{\pi R_3^2} = 17130 / 3,14 \cdot 18^2 = 16,84 \text{ мм}$$

Тоді ступінь деформації при висаджуванні головки

$$\varepsilon = \frac{H - h}{H} * 100\% = (16,84 - 15) / 16,84 = 10,9\% < 60\%.$$

Таким чином, можна зробити висновок, що для виготовлення деталі досить одного переходу, тому що максимальні ступені деформації менші за допустимі.

Розробка креслення деталі, що видавлюється

Креслення деталі, що видавлюється, є основним документом, по якому здійснюють розрахунок розмірів заготовки, визначають кількість переходів і здійснюють проектування штампового оснащення [3]. Це креслення виконують по кресленню деталі. На кресленні деталі, що видавлюється, вказують припуски, напуски, допуски. Держстандартами вони не передбачені, тому вибирають їх по наступним рекомендаціям. Виділяють п'ять груп можливих розмірів деталі:

- 1) розміри, точність яких визначається точністю виготовлення деформуючого інструмента. Точність цих розмірів достатньо стабільна, вона змінюється в залежності від пружної деформації інструменту та його зношення. Для даної деталі маємо наступні розміри: $d=16$ мм, $D=36$ мм, $d_1=31$ мм, $D_1=42$ мм, $h=50$ мм, кут $\alpha=30^\circ$;
- 2) розміри, точність яких визначається вертикальною жорсткістю системи прес - штамп. Точність цих розмірів залежить від зміни зусилля деформування, яке у свою чергу залежить від: твердості матеріалу,

застосування змащення при деформуванні, жорсткості преса. При виконанні операцій ХОШ на кривошипних пресах точність встановлюють при виготовленні дослідної партії (в залежності від налагоджування преса та його жорсткості). Якщо використовують гідропресове обладнання, то точність визначається кінцевими перемикачами ($\pm 0,5$ мм [3]). Для забезпечення більшої точності необхідно в такому випадку на нижній плиті штампів встановлювати жорсткі упори для обмеження переміщення верхньої плити. Для даної деталі вказаний розмір $h_2=49$ мм

- 3) розміри, точність яких визначається горизонтальною жорсткістю штампа або точністю його виготовлення. Для даної деталі це товщина стінки 10 мм. Як показує практика, різностінність складає від 0.05...0,15 для добре виготовлених штампів [3];
- 4) розміри, точність яких визначається точністю дозування об'єму вихідної заготовки. Точність залежить від партії прутків, які поставляються, діаметра прутка, методу його виготовлення (гарячекатаний чи калібрований), а також від виду розподілу прокату на мірні заготовки. Точність таких розмірів також встановлюється при виготовленні дослідної партії. Для даної деталі це розмір $L=65$ мм;
- 5) розміри, точність яких залежить від характеру плину металу при виконанні операції. Наприклад, при видавлюванні стінки торець її викривляється. Допуск на цей розмір призначають після виготовлення дослідної партії деталей. Для даної деталі – це могла бути висота стінки $h_3= 16$ мм, але при видавлюванні торець формується, спираючись на виштовхувач, тому точність забезпечується автоматично.

Припуски та напуски на розміри деталей, що видавлюються, назначають по узгодженню з замовником. Рівень технології ХОШ вважається більш високий, чим менше поверхонь підлягає подальшій механічній обробці [3]. Чистота поверхні при холодному видавлюванні досягає 0,8-0,4.

Виконання креслення деталі що видавлюється.

Деталь, що видавлюється, рекомендується представляти на кресленні з показом розмірів і допусків, які отримують після видавлювання [3]. Під розмірною лінією необхідно давати номінальний розмір після механічної обробки. Контур деталі після механічної обробки показують пунктирною лінією (рис. 1.2). На кресленні вказують:

- 1) допустимі відхилення геометричної форми (овальність, кривизна, різностінність і т.д.);
- 2) вимоги до вихідного матеріалу;
- 3) можлива марка замітника матеріалу;
- 4) допустимі поверхневі дефекти;
- 5) умови та методи контролю;
- 6) відомості про не вказані допуски, радіуси заокруглення, форми торців та інше

Визначення форми й розмірів заготовки.

Правильний вибір вихідних розмірів заготовки в процесах ХОШ дозволяє забезпечити найбільш сприятливий плин металу при деформуванні, підвищити стійкість деформуючого інструмента, а також знизити витрати матеріалу [3]. Заготовки для процесів ХОШ одержують, як правило, із круглих гарячекатаних або каліброваних прутків.

Висоту заготовки H визначають по об'єму заготовки V . Мінімальний об'єм заготовки: $V_{з.мін} = V_{p.д.} + V_{m.o} + V_{m.}$, де $V_{p.д.}$ – об'єм, розрахований по кресленню деталі, $V_{m.o}$ – технологічні втрати об'єму при термічній обробці: (0.5-1% від $V_{p.д.}$) і $V_{m.}$ – технологічні втрати об'єму при травленні (1-2% від $V_{p.д.}$).

Однак точно визначити об'єм заготовки складно, тому що мають місце такі відхилення: вихідні прутки в стані постачання мають відхилення об'єму;

при розподілі прутків на штучні заготовки в штампі є припуск на різання Δh_3 . Тому кінцевий об'єм вихідної заготовки встановлюється при видавлюванні дослідної партії виробів для прутків в стані постачання.

Перв. примеч.				
Справ. №				
Подп. и дата				
Взам. инв. №				
Инв. № подл.				

0,8 / (✓)

1. H14, h14, ±IT14/2
2. Твердість вихідного матеріалу не більше HB 120
3. Задири та тріщини на поверхні деталі не допускаються
4. Допускається виготовлення із сталі 08 кп
5. В місці А допускається радіус 2 мм або завусень розміром 1 мм
6. Не вказані розміри 1 мм
7. Контроль розмірів мікрометром і штангельциркулем

Подп. и дата					Креслення деталі, що видавлюється	Лист	Маса	Масштаб	
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата	1	1:1	
Н.контр.	Разраб. Волошенко А.І.					Лист	Листов	1	
Утв.	Пров. Литвиненко С.В.					Сталь 10 ГОСТ 1050-88			
Копировал	Т.контр.					НТУУ "КПІ" ММІ			

Рис. 1.2. Креслення деталі, що видавлюється.

Обчислення об'єму заготовки проводимо розбивши її на прості геометричні фігури. Допускається застосування інженерних програм «КОМПАС», SolidWorks, AutoCad та інших.

В даному випадку деталь складається з трьох елементарних фігур: два циліндри та зрізаний конус (рис 1.2).

Об'єм по кресленню деталі, що видавлюється: $V_{p.д.} = 64122.9 \text{ мм}^3$. Витрати об'єму при термічній обробці (відпалі) $V_{m.o} = 0,01V_{p.д.} = 641.2 \text{ мм}^3$, аналогічні витрати об'єму при виконанні травлення: $V_{m.} = 641,2 \text{ мм}^3$. Тоді

$$V_{з.мін} = 64123 + 641,2 + 641,2 = 65405,4 \text{ мм}^3.$$

Розрахункова висота вихідної заготовки (при діаметрі 36 мм) дорівнює:

$$H_3 = \frac{V_3}{\pi R_3^2} = 65405,4 / (3.14 \cdot 18^2) = 64,3 \text{ мм}.$$

2. Виготовлення штучних заготовок для процесів ХОШ

Загальні поняття про виготовлення штучних заготовок для процесів ХОШ

Для виготовлення виробів процесами ХОШ використовують різні марки кольорових металів, вуглецевих та легованих сталей [1]. Ці матеріали постачаються в вигляді гарячекатаних і каліброваних прутків, гарячекатаних і каліброваних труб, дроту, пресованих прутків, листів і стрічок. З перерахованих матеріалів і заготовки для процесів ХОШ виготовляють трьома основними способами: 1) відрізанням на металорізальних верстатах; 2) різанням зміщенням в спеціальних втулочних штампах; 3) вирубанням з листа. Перший спосіб використовують при відносно невеликих партіях випуску деталей або при високих вимогах до точності заготовок. Точність розмірів $\pm 0,1$ мм, чистота поверхні 0,8-1,6. Забезпечується перпендикулярність торців вісі заготовки. Виключається операції очистки поверхні та калібрування заготовок. Недолік – 20% металу витрачається в стружку для низьких заготовок, не висока продуктивність, навіть при використанні багатошпиндельних автоматів. Різання зміщенням - найбільш ефективний, високопродуктивний і безвідхідний процес, який можна використовувати від дрібносерійного до масового виробництва заготовок. Його застосування замість різання на верстатах дає можливість знизити витрати на одержання заготовок в 4...6 рази, та на 15...20% знизити витрати металу, довести продуктивність до 2000 шт/годину. Недоліки – важко отримувати заготовки з відношенням довжини до діаметра менше 1, має місце коливання об'єму за рахунок нерівностей торців. Низькі заготовки з пластичних кольорових металів можливо отримувати вирубанням із листа або стрічки.

Виготовлення штучних заготовок різанням зміщенням в штампах

Під різанням в штампі розуміють безвідхідний розподіл прокату на заготівки шляхом зміщення частини, що відрізається, по поверхні розділу

під впливом ножів, що зміщуються [2] . Переміщення одного або двох ножів можуть бути поступальними, обертальними або мати іншу траєкторію заданої форми. В штампах можна різати в холодному стані прутки діаметром до 70 мм.

Схема різання в штампі наведена на рис. 2.1.

Для розрізання прутки 1 подають через нерухомий ніж 2, рухомий ніж 3, до упору 4. Під впливом повзуна преса рухомий ніж зміщується відносно нерухомого ножа і виконується процес різання. Основні параметри заготовки, що відрізається: діаметр d , довжина l . Найважливішими параметрами різання є: осьовий зазор між ножами Z_{oc} , поперечний зазор Z_n між отвором і прутком і кут нахилу прутка α .

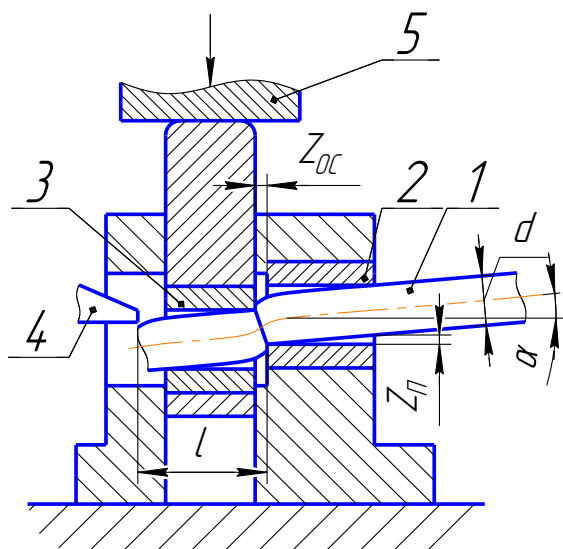


Рис. 2.1. Схема різання в штампі

заготовки) і утяжин V1 (пластична деформація розтягу та згину волокон металу приводить до їх виникнення). В результаті руйнування виникає поверхня сколу IV. Пластичний (блискучий) поясok V на торці утворюється чистим зсувом.

Форма заготовки, що відрізається, залежить від ступеня розвитку пластичної деформації та характеру руйнування при різанні. При різанні з великими викривленнями форми поверхня заготовки складається з неоднорідних по своїй природі ділянок (рис. 2.2). Овальна форма торця 1 утворюється в результаті поперечної ум'ятини III (ножі оставляють вм'ятини на поверхні

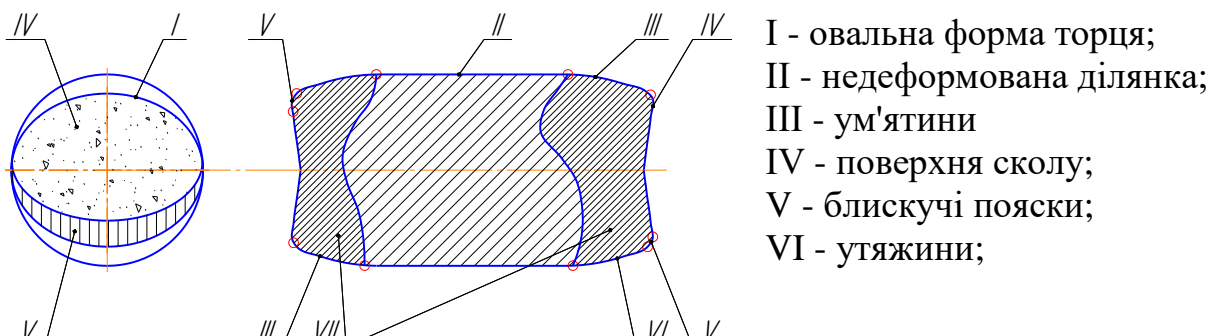


Рис. 2.2. Характерні ділянки поверхні і зони пластичної деформації на заготовці після різання

Способи та схеми різання.

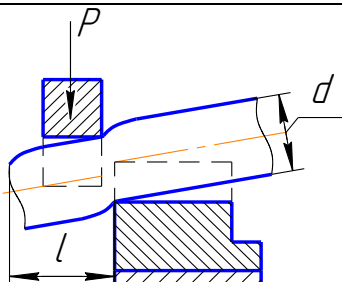
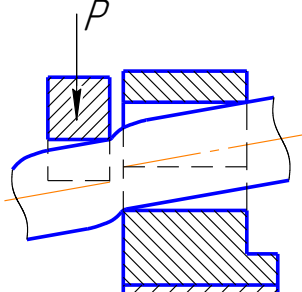
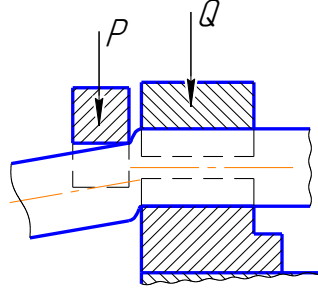
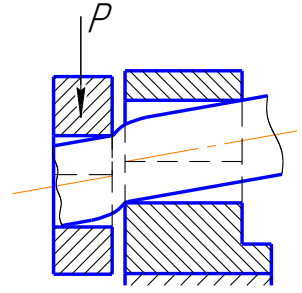
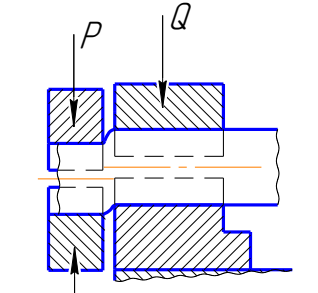
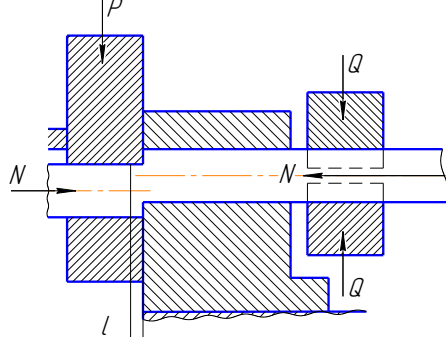
Способи і схеми різання наведені в таблиці 2.1. *Відкрите* різання використовують для різання довгих заготовок в одиничному виробництві. *Неповністю відкрите* різання (2) буває з пасивним затискачем прутка (за рахунок нерухомого ножа) та активним затискачем прутка Q в нерухомому роз'ємному ножі. Таке різання використовують для різання заготовок, для яких $l/d \geq 1$, з прутків із металів середньої і підвищеної твердості. *Неповністю закрите* різання (3) виконується в умовах, коли виключена можливість повороту та згину прутка і заготовки, що відрізається. Поперечний затискач Q може бути пасивним і активним. Активний затискач може бути в роз'ємних рухомих і нерухомих ножах. Вказане різання знаходить все більш широке розповсюдження, дозволяє отримувати точні заготовки з $l/d \geq 0,8-1$.

Закрите різання (4) виконується в закритому штампі, відрізняється від попередніх способів тим, що частина прутка, яка відрізається повністю замкнута в порожнині нерухомого ножа і в осередку деформації створюється схема напружень всебічного нерівномірного стику за рахунок прикладання осьового зусилля стиску N . При достатніх значеннях стиску N різання прутка відбувається шляхом пластичного зсуву. Це єдиний спосіб для одержання геометрично точних коротких заготовок з $l/d \geq 0,1$. Суттєвий недолік, який

стримує широке впровадження цього способу в виробництві, це контактне тертя між торцями заготовки і прутка та ножами, що приводить до виникнення задирів на заготовці та налипання металу на ножі.

Способи і схеми різання

Таблиця 2.1

Способи різання	Схеми різання	
1. Відкрите		
2. Неповністю відкрите	З пасивним затискачем 	З активним затискачем Q 
3. Неповністю закрите	З пасивним затискачем 	З активним затискачем Q 
4. Закрите з осьовим стиском N		

Параметри різання.

Розрізняють *геометричні* і *силові* параметри різання [2]. Під геометричними розуміють параметри, що визначають взаєморозташування прутка і ножів, а під силовими – зусилля різання та зусилля поперечного затискача і осьового стиску прутка.

Геометричні параметри.

Поперечний зазор z_n між прутком і отвором ножа:

$$z_n = d_n - d,$$

де d_n - діаметр отвору ножа; d - діаметр перетину прутка.

Поперечний зазор погіршує відрізок, але він необхідний у штампах із суцільними втулковими ножами, для забезпечення можливості просування прутка, компенсації не співвісності установки ножів, виключення заклинювання заготовки і прутка в ножах. Структура поперечного зазору визначається так :

$$z_n = \Delta_n + \Delta_K + \Delta_H + \Delta_D,$$

де Δ_n - плюсове відхилення діаметра прутка, мм; Δ_K, Δ_H і Δ_D - частини зазору, які обумовлені відповідно кривизною прутка, не співвісністю ножів та збільшенням діаметра перерізу на торцях в результаті деформації при різанні, мм.

Згідно ГОСТ 2590 кривизна прутка не повинна перевищувати 5 мм на 1 м довжини прутка, тоді:

$$\Delta_n = 5 \cdot 10^{-3} (B_H + B_n),$$

де B_H і B_n - ширина рухомого і нерухомого ножів.

Величина Δ_n залежить від не співвісності рухомого та нерухомого ножів в вертикальному Δ_v (мм) та горизонтальному Δ_z (мм) напрямках:

$$\Delta_n = 2\sqrt{\Delta_\sigma^2 + \Delta_\tau^2}$$

Поперечний зазор знижує геометричну точність заготовки. Збільшення його приводить до повороту прутка, зменшенню контакту ножа із прутком і отже до підвищення питомих зусиль. При цьому на торці заготовки і з'являється ум'ятинна, зростає овальність торця. Розрахунковим шляхом зазор визначити складно, тому використовують практичний досвід. В таблиці 2.2 приведені орієнтовані поперечні зазори при різанні сталевих і латунних прутків.

Величина поперечного зазору при різанні Таблиця 2.2

Вид та діаметр прутка d, мм	10 - 25	26 - 50	51 - 60	61 - 80
	z_n , мм			
гарячекатані, сталеві	1.5	1.5 - 2	2.5	3
калібровані сталеві й латунні	0.3	0.5	0.5	0.6

Кут нахилу прутка α (рис. 2.2). Нахил прутка при неповністю відкритому та неповністю закритому різанні дозволяє одержати заготовки з торцями, перпендикулярними вісі.

Кут нахилу визначається з виразу [2]:

$$\operatorname{tg} \alpha = z_{oc} / d - f - c \approx z_{oc} / d,$$

де - z_{oc} - осьовий зазор між ножами, d - діаметр прутка, f - поперечна утяжина; c - ширина пластичного пояса на торці заготовки. Найбільша перпендикулярність торців заготовки має місце при різанні прутків із сталей і кольорових металів з кутом нахилу $\alpha = 2-9^\circ$. Зі збільшенням міцності та твердості прутків кут зменшується (таблиця 2.3). Орієнтовно кут α можна визначити по виразу:

$$\alpha = 11,5 - 0,01 \cdot \sigma_\sigma, \text{ де } \sigma_\sigma - \text{тимчасовий опір, МПа}$$

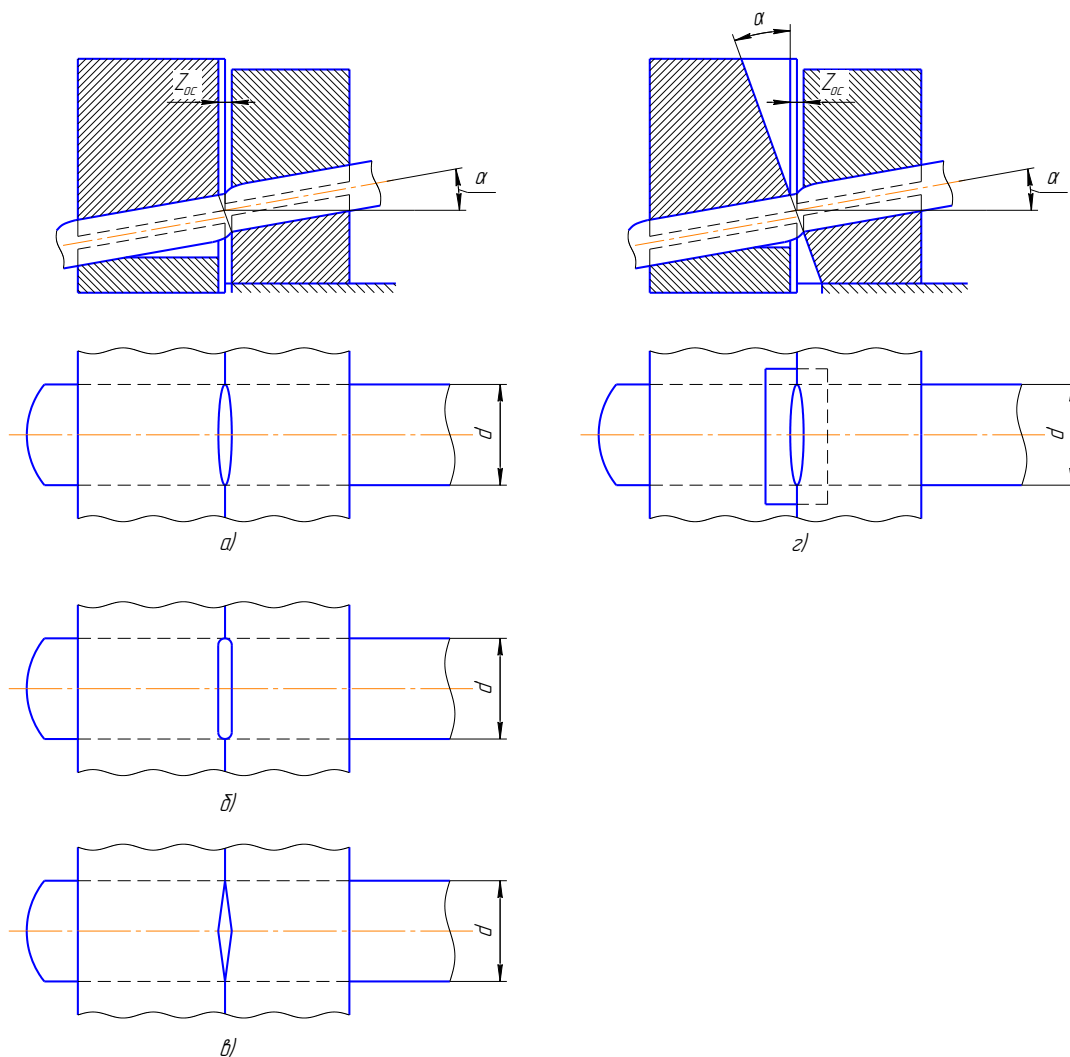


Рис. 2.2. Різання прутка з нахилом під кутом α

Залежність кута нахилу прутка α від твердості прутків Таблиця 2.3

HB	110	135	160	185	200	250
α , град.	9°	8°	7°	4.5°	2°	0°

Для сталей ШХ15, 9ХС, У10А, Р18 ($\sigma_{\sigma} = 800 - 1000$ Мпа) $\alpha \geq 8^\circ$,

Для сталей 20Х, 12ХН3А ($\sigma_{\sigma} = 600 - 700$ Мпа) $\alpha = 2 - 3^\circ$.

Прутки із хромованадієвих сталей і титанових сплавів необхідно різати без нахилу. Гарячекатані прутки зі сталі 10 розподіляють на заготовки при $\alpha = 8^\circ$, калібровані - при $\alpha = 2 - 3^\circ$.

Осьовий зазор Z_{0C} між ножами є найважливішим чинником при різанні (неповністю відкритому і неповністю закритому). Призначення осьового зазору забезпечує утворення рівної, бездефектної поверхні зрізу,

також він впливає на силові режими різання. Розрізняють абсолютний осьовий z_{oc} зазор і відносний осьовий зазор z_{oc}/d . Під оптимальним осьовим зазором, розуміють такий при якому траєкторії тріщин, що розвиваються, збігаються, утворюючи загальну поверхню сколювання, і забезпечуючи найменший кут схилю торця при відсутності дефектів на торцях. Збільшений зазор приводить до розтягуючих напружень, отримується ступінчатий торець і зростає згинальний момент. При малому зазорі - тріщини не сходяться і торець виходить нерівним. Оптимальний осьовий зазор призначають в залежності від матеріалу, висоти поперечного перерізу, схеми відрізки і складає в межах $(0 - 0.2) d$. Для забезпечення однакових умов різання необхідний постійний відносний зазор: виконують фасонну заточку ріжучих поверхонь ножів (див. рис. 2.2 а-в) або похиле розташування ріжучої площини ножа до площини рознімання (рис. 2.2 г). Крім того, постійний відносний зазор дозволяє уникнути на торцях заготовки завусінців.

Силові параметри.

Зусилля неповністю відкритого та неповністю закритого різання можна визначити по формулі [2]:

$$P = 0,72 \cdot \sigma_{\sigma} \cdot F_o, \text{ де } F_o - \text{площа перерізу прутка.}$$

Зусилля закритого різання для практичних розрахунків можна визначити по виразу: $P_z = (1,4 \div 1,7)P \approx (1,0 \div 1,25) \cdot \sigma_{\sigma} \cdot F_o$

Причому коефіцієнт 1 необхідно брати при питомому осьовому питомому зусиллі стиску $q_{oc} < 2\sigma_{0,2}$, а 1,25 – при $q_{oc} \geq 3\sigma_{0,2}$. ($\sigma_{0,2}$ - умовна межа течії матеріалу прутка).

При виконанні різання на кривошипному обладнанні необхідно визначати *роботу різання* по виразу:

$A = \lambda \cdot P_{\max} \cdot \Delta h_{\text{різ}}$, де λ - коефіцієнт заповнення графіку „зусилля - шлях” різання, який залежить від типу різання і марки матеріалу прутків (при неповністю закритому різанні сталей $\lambda \approx 0,6-0,75$, при закритому - $0,75-0,85$; $P_{\max} \approx P$ - максимальне зусилля різання; $\Delta h_{\text{різ}} \approx d$ - довжина шляху, на якому діє зусилля різання.

Зусилля поперечного затискача Q потрібно для усунення поперечного зазору, поліпшення схеми напружень при різанні і зменшення пластичних деформацій частини, що відрізається. Величина Q : $Q = k_z \cdot P$, де k_z - коефіцієнт, який залежить від властивостей матеріалу прутків та відносної довжини l/d заготовок. Зусилля поперечного затискача необхідно знімати в момент утворення поверхні розділу між заготовкою і прутком для можливості вільного відходу заготовки від прутка (диференційований активний затискач). Коефіцієнт k_z вибирають по даним, які наведені в таблиці 2.4.

Значення коефіцієнта k_z

Таблиця 2.4

Відносна довжина заготовки l/d	Сталь		
	10, 15	20, 25, 30	35, 40, 45, У10А
1.5	0.8	0.7	0.6
1.2 - 1.5	0.9	0.8	0.7
0.8 - 1.2	1.0	0.9	0.8

Зусилля осевого стиску N . Цим зусиллям навантажується пруток і заготовка в процесі закритого різання для створення схеми всебічного стиску з метою отримання чистого зсуву і підвищення геометричної точності заготовок. Питоме зусилля осевого стиску залежить від міцності металу й довжини частини, що відрізається. При закритому різанні заготовок довжиною $(0.1 - 0.7) d$ необхідно прикласти питоме зусилля осевого стиску :

$q = (2 \div 5) \cdot \sigma_{0,2}$, де $\sigma_{0,2}$ - умовна межа течії матеріалу прутка.

3. Термічна обробка та змашення в процесах ХОШ

Необхідність термічної обробки.

У стані постачання прутки із сталі і високоміцних сплавів мають підвищену твердість і таку структуру, що не дозволяє здійснити видавлювання з високими ступенями деформації за один перехід. Крім того, при виконанні підготовчих операцій осаджування та калібруванні метал зміцнюється. Тому для підвищення пластичності, зниження твердості і зменшення навантажень на деформуючий інструмент заготовки перед видавлюванням піддають термічній обробці - відпалу.

Режими відпалу для матеріалів, які широко використовують в процесах ХОШ наведені в таблиці 3.1.

Режими відпалу матеріалів для процесів ХОШ Таблиця 3.1

Марка сплаву	Температура нагрівання	Витримка	Умови охолодження	Твердість НВ
1	2	3	4	5
<i>Алюмінієві сплави</i>				
АТ	370 - 500	0.5	По	17
АМц	350 - 400	1	По	30
АМг	350 - 400	1	По	45
АМг5	350 - 400	1	По	65
Д1	390 - 430	1	П	45
Д16	390 - 430	1	П	42
В95	390 - 430	1	П	50
<i>Мідні сплави</i>				
М2, М3	500 - 550	1	По	40
Л 90	630 - 680	1	По	53
Л 68	580 - 620	1	По	55
Л 67	600 - 640	1	По	56
Бр А5	620 - 670	1	По	60
МН19	680 - 720	1	По	70
ЛН 65-5	600 - 650	1	По	35 (HRC)
МНЦ 15-20	700 - 740	1	По	70
<i>Нікелеві сплави</i>				
Н2, Н3, НТ	800 - 840	1	По	---

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5
НМЖМЦ28-2,5-1,5	800 - 840	1.5	П	---
<i>Сталі</i>				
08, 10, 15, 15X	740 - 760	3	П	107 - 121
20, 30X, 20XH	740 - 760	3	П	115 - 128
30, 35X	1050	1	П	123 - 140
35, 40X, 40, 45X, 45	1050	1	П	150 - 170
30XM, 18XГТ	680 - 700	4	П	197 - 207
12XH3A	880	6	Охол с П до 150 °, По	150
12XH3A	880	6	Охол с П до 150 °, По	150
5XHB	780	3	Охол с П до 150 ^{про} , В	180
7X3	810	2	Охол с П до 700°. Вит. 6 годин, охол з П до 500 ⁰ , По	190
3X2B8Ф	880	4	Охол с П до 200°, В	190
X12M	870	4	Охол с П до 740°. Вит. 6 годин, охол з П до 500 ⁰ , По	210
ШХ15	800	3	Охол с П до 720°. Вит. 6 годин, охол з П до 500 ⁰ , По	180
4X5B2ФС	890	4	Охол с П до 720°. Вит. 5 годин, охол з П до 500 ⁰ , По	190
4X5B5ФМ	890	4	Охол с П до 720°. Вит. 5 годин, охол з П до 500 ⁰ , По	190
Примітка: По – повітря, П – піч, Охол.- охолодження, Вит. - витримка				

Після відпалу поверхню заготовки необхідно очистити від окалини, яка будучи абразивом, робить видавлювання практично неможливим. Крім того, змащення, рівномірно розподіляються і добре втримується в процесі деформації тільки на чистій поверхні, позбавленої жирів і інших забруднень, іржі та т.п. Тому заготовки піддають механічному очищенню (як правило галтовці), знежиренню і травленню.

Галтовку здійснюють у шестигранних барабанах. Частота обертання барабана 50 - 60 об/хв, тривалість обробки 35 - 40 хв. Після галтовки заготовки промивають у холодній воді, а потім знежирюють у ванні з підігрівом 75 - 95 °С. Склад розчину для обезжирювання: сода кальцинована Na_2CO_3 - 70 - 80 г/л, їдкий натрій NaOH - 80 - 100 г/л, тринатрійфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$ - 30 - 40 г/л, скло рідке Na_2SiO_3 - 10 - 15 г/л. Тривалість обробки 10 - 15 хв. При сильному забрудненні хімічному знежиренню передують промивання в гасі протягом 1 хвилини.

Далі треба виконати промивання в гарячій воді (температура близько 70 °) протягом 1 хв. і травлення у ванні з підігрівом до 50 - 70 °. Состав розчину для травлення: кислота сірчана H_2SO_4 - 110 - 160 г/л, селітра натрієва NaNO_3 - 20 - 30 г/л. Час травлення - 20 хв. Після травлення необхідне промивання в холодній, гарячій воді, а потім потрібне сушіння на повітрі до повного висихання.

Змащення для процесів ХОШ.

До змащень для ХОШ висувають наступні вимоги: 1. Здатність зменшити сили міжмолекулярної взаємодії між металом, що деформується і інструментом, щоб знизити коефіцієнт тертя до 0,08-0,1, а відповідно повне і питоме зусилля деформування, виключити задири на поверхні металу, що деформується та його налипання на інструмент, знизити зношування інструмента; 2. Висока адгезія змащення до поверхні металу, що деформується. Напруження для зрушення адсорбованого шару змащення повинне бути більше, ніж опір металу деформуванню; 3. Висока

термостійкість (температура при холодному видавлюванні може досягати 350 - 400 ° C) і збільшена теплоємність, щоб поглинати тепло, що утвориться на контактуючих поверхнях; 4. Висока пластичність, щоб поверхня фактичного ковзання проходила усередині нанесеного шару змащення.

Для підвищення адгезії змащення до поверхні металу і збільшення товщини проміжного шару (з урахуванням відновлення поверхні) заготовки перед холодним видавлюванням рекомендується покривати відповідним шаром-носієм змащення. Шар-носіє змащення можна утворити в результаті хімічної або електрохімічної обробки. Для одержання шару-носія змащення в заготовках з вуглецевих сталей, вони підлягають *фосфатуванню*, а як змащення використовують господарське мило. Фосфатування складається з обробки заготовок у фосфорнокислих солях цинку, марганцю, заліза, кадмію й інших металів. Найкращі результати по зниженню тертя, зношування і питомих зусиль дає застосування цинкофосфатних покриттів. Існує ряд способів фосфатування: гарячий, холодний, прискорений, електрохімічний і інші.

Звичайний процес фосфатування складається з наступних операцій: знежирення й травлення, промивання в гарячій воді, покриття в розчині цинкофосфорної кислоти для створення сітки цинкофосфатних кристалів, промивання у воді для видалення зайвих фосфатів, промивання в нейтралізаторі та занурення в мильний розчин. Процес фосфатування полягає в нанесенні на поверхню заготовок стійкого при високих питомих зусиллях шару кристалічних фосфатів. Фосфатні плівки, міцно зчеплені з основним металом силами хімічних зв'язків, служать надійним розділовим прошарком між поверхнями металу, що деформується, і інструментом. Ці плівки добре абсорбують мило, масло, графіт, пасту на основі дисульфіда молібдену, міцно утримуючи їх на своїй поверхні.

Антифрикційні властивості цинкофосфатних покриттів значно поліпшуються при просоченні мильним розчином [1]. Для просочення

застосовують стеарат Т2 або Н55 (70 - 75 г/л) і 60 - 72% господарське мило (30 - 60г/л). Товщина фосфатного шару приймається в межах від 10 - 50 мкм. Для видавлювання й редукування товщина шару 15 мкм, для висаджування і осаджування 25 - 30 мкм. Найбільш сприятливі умови для роботи цинкофосфатного шару покриття: питомі зусилля 2000 - 2500 МПа, температура 40 - 150 ° С (допускається і до 350 ° С). Фосфатування здійснюють 2 способами: зануренням заготовок у фосфат цинку в сталевих кошиках або в обертових переносних барабанах з перфорованої листової сталі.

Схема технологічного процесу фосфатування [1] наведена в таблиці 3.2.

Схема технологічного процесу фосфатування Таблиця 3.2

Операції	Склад розчину	Час обробки ,хвилин	Температ ура обробки, град. С
Знежирення	Тринатрій фосфат 20-70 г/л. Сода каустична 20-50 г/л. Рідке скло 10-30 г/л.	До повного знежире ння.	70 - 80
Промивання	Вода	0.5 - 1	10 - 25
Травлення	Кислота сірчана 150-170 г/л. Присадка КС 3 г/л	10	40 - 60
Промивання	Вода	0.5 - 1	10 - 25
Промивання	Вода	0.5 - 1	50 - 80
Фосфатуван ня	Розчин для фосфатування на 10 л: 3,29 л азотної кислоти густиною 1,4; 1.54 л фосфорної кислоти густиною 1.7; 390 гр соди кальцинованої; 12 - 20 гр. нітрата натрію; 2.25 кг окису цинка	10	55 - 65
Промивання	Вода	0.5 - 1	50 - 60
Омилування	Мило господарське 50 г/л	10	60 - 70
Сушіння на повітрі до повного висихання.			

При менших питомих зусиллях (до 1000 МПа) ХОШ вуглецевих легованих та нержавіючих сталей можна використовувати змащення у

вигляді пасти на основі дисульфіда молібдену *ВІІНП-232*, змащення *ШС 2*, (наносяться натиранням при кімнатній температурі) або змащення у напівтвердому вигляді *КТИОЛ-15* (наноситься при температурі заготовки 50° С).

Для нержавіючих сталей і сталей, які мають в складі більше 6% хрому використовують при високих ступенях деформування *оксалатування* очищених заготовок. Розчин для оксалатування складається із [2]: щавелевої кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - 24 г/л, закисне залізо FeC_2O_4 - 12 г/л, двохромовоокислий калій K_2CrO_4 - 6 г/л, поварена сіль NaCl - 160...200 г/л. Тривалість обробки 25-30 хвилин, температура розчину 60-70°С.

При ХОШ виробів із вуглецевих, легованих, штампових і інструментальних сталей в дрібносерійному виробництві поверхні заготовок покривають шаром пластичного металу: *цинкування, міднювання, алюмініювання*.

При ХОШ виробів з алюмінію і його сплавів в якості змащення використовують наступний розчин: тальк-0,9 кг, циліндрове масло- 1,1 кг, тваринний жир- 0,2 кг, гліцерин- 0,03 кг, чотирьох хлористий вуглець- 10 літрів.

При ХОШ виробів з міді у якості змащення використовують мінеральне масло середньої в'язкості.

4. Конструювання штампового оснащення для процесів ХОШ

Визначення зусиль деформування та питомих зусиль в процесах ХОШ.

Для орієнтовних розрахунків питомого зусилля осаджування заготовки довільної форми в плані може бути застосована формула:

$$p = \sigma_s^* \left(1 + 0,4\mu \frac{\sqrt{F}}{H} \right),$$

де $\sigma_s^* = \frac{\sigma_{0,2} + \sigma_s(\varepsilon)}{2}$, $\sigma_{0,2}$ - умовна межа течії вихідного матеріалу,

$\sigma_s(\varepsilon)$ межа течії при відповідному ступеню деформації з діаграми істинних напружень, μ - коефіцієнт тертя, F - площа поперечного перерізу виробу, H - висота виробу.

При висаджуванні фланця питомі зусилля можна визначити так:

$$p = \sigma_s^* \left[1 + \mu \left(0,5 \frac{\sqrt{F}}{h} + \frac{f}{F} \right) \right],$$

де F - площа фланця після осаджування, h - висота фланця, f - площа перерізу заготовки.

Питомі зусилля при прямому видавлюванні через конічну матрицю визначаються по формулі:

$$p_\partial = \sigma_s^* \left[\left(\frac{F}{f} \right)^{2n\mu\alpha} \left(1 + \frac{\alpha}{2n\mu} + m + \ln \frac{\alpha}{\sin \alpha} \right) - \left(1 + \frac{\alpha}{2n\mu} \right) \right],$$

де F і f - площі поперечного перерізу заготовки та виробу відповідно,

$n = \ln \frac{F}{f}$, μ - коефіцієнт тертя, α - половина кута конусу матриці,

$m = \frac{\pi dl}{f} \mu$, d - діаметр виробу, l - довжина калібруючого пояса матриці.

Питомі зусилля на пуансоні при зворотному видавлюванні стаканів можна

визначити по формулі:

$$p_{\partial} = \sigma_s^* \left\{ \frac{\varepsilon_i}{\varphi} + 1 + \left[\frac{4(h^* + b_1)(D + d)}{d^2} + \frac{d}{3h^*} \right] \right\},$$

де $\varepsilon_i = \frac{d^2}{D^2}$ - ступінь деформації, d - діаметр порожнини, D - діаметр

заготовки, $\varphi = \frac{f}{F} = \frac{d^2}{D^2}$, $h^* \approx \frac{d}{2}$ - висота осередку деформації під

пуансоном, $b_1 = (0,04 \div 0,06)D$.

Зусилля в операціях висаджування:

$$P_v = \sigma_s^* z_{\phi} \nu \left(1 + \frac{\mu D}{3h} \right) F,$$

де $z_{\phi} = 1,1$ для симетричних деталей, $z_{\phi} = 1,2 - 1,3$ для деталей прямокутної та шестигранної форми, $\nu = 1,25 \div 1,75$ - коефіцієнт, який враховує заповнення кутів, більші значення необхідно брати при течії металу в кути та зазори, μ - коефіцієнт тертя, D - діаметр проекції головки після висаджування, h - висота головки, F - площа поперечного перерізу головки після висаджування.

Конструкція і основні параметри деформуючого інструменту для процесів ХОШ

Деформуючий інструмент в відповідності з технологічними операціями ХОШ ділиться на дві головні групи:

1. Інструмент для підготовчих операцій, призначений для об'ємного калібрування заготовок перед видавлюванням;
2. Інструмент для головних формоутворюючих операцій ХОШ, конструкція якого залежить від схеми деформування (пряме і зворотне видавлювання).

Геометричні параметри деформуючого інструменту залежать від форми та розмірів деталі, що видавлюється.

Проектування інструменту для калібрування заготовок, які отримані різанням в штампах, показаний на рис. 4.1.

Конструктивні розміри пуансонів, матриць і виштовхувачів визначаються за наступними формулами. Діаметр опорної частини пуансона і виштовхувача:

$D = (1,4 \div 1,8)d_3$, де d_3 - калібруючий діаметр пуансона, який знаходять по номінально допустимому діаметру заготовки з допуском по 6-7 квалітету.

Діаметр калібруючої частини матриці:

$d_1 = (1,1 \div 1,15)d_{заг}$, де $d_{заг}$ - номінальний діаметр заготовки.

Діаметр робочого торця пуансона:

$$d_2 = (0,5 \div 0,6)d_3$$

Діаметр робочої частини виштовхувача:

$$d_3' = 0,75d_3$$

Радіус переходу від робочої частини до посадочної на пуансоні і виштовхувачі:

$$R = d_3$$

Довжина калібруючого пояса пуансона:

$$l = 1 \div 2 \text{ мм}$$

Незакріплена частина пуансонів для попереднього калібрування повинна бути як можна коротшою, а переходи від однієї ступені до другої – як можна більш плавними.

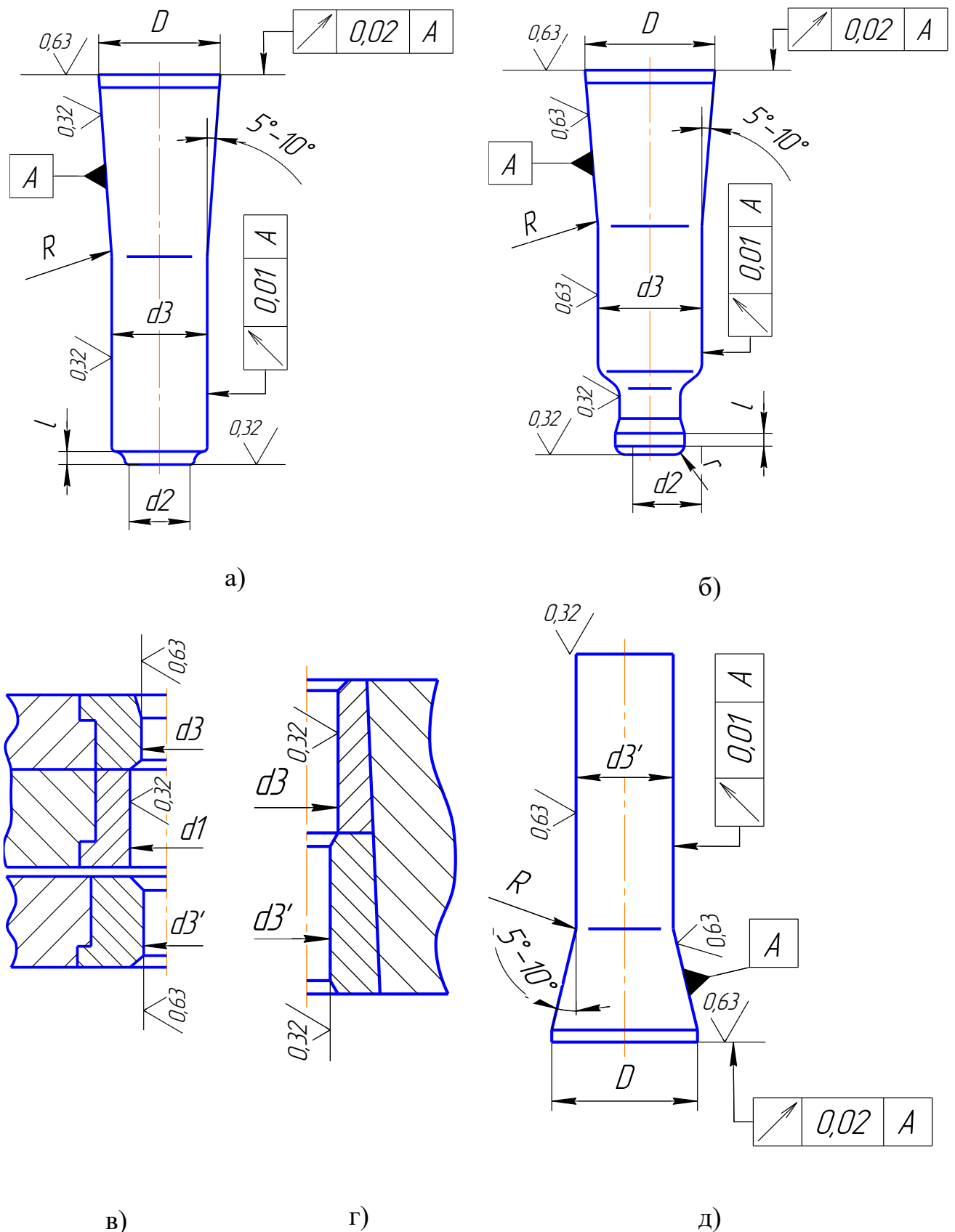


Рис. 4.1. Проектування інструменту для калібрування: а– пуансон для калібрування; б – пуансон для глибокого калібрування; в, г – матриця для калібрування заготовок з двохсторонніми і односторонніми фасками; д – виштовхувач для калібрування.

Проектування інструменту для прямого видавлювання каліброваних заготовок

Деформуючий інструмент показаний на рис. 4.2. Видавлювання зі ступенями деформації до 0,6 рекомендовано виконувати в матриці з конічною перехідною ділянкою (рис. 4.2в). При більших ступенях деформації - в матрицях з радіусним переходом (рис. 4.2г). Для полегшення знімання готової деталі з оправки на ній передбачається штампувальний ухил величиною до 30°. При конструюванні інструменту розміри його визначаються за формулами:

діаметр посадочної частини пуансона:

$d1 = 1,5dk$, де dk - діаметр калібруючої частини пуансона і матриці, який визначається по номінально допустимим розмірам готової заготовки.

Діаметр опорної частини пуансона:

$$D = (1,5 \div 2)dk$$

Діаметр матриці після калібруючої частини:

$$dk1 = dk + (0,2 \div 0,5) \text{ мм}$$

Діаметр посадочної частини оправки:

$d5 = (1,1 \div 1,3)d_{opr}$, де d_{opr} - діаметр оправки, який визначається по номінально допустимим розмірам готової заготовки.

Висота опорної частини пуансона:

$$h = 0,2D$$

Висота посадочної частини пуансона:

$$H = (1,1 \div 1,5)d1$$

Висота калібруючого пояска матриці:

$$l_k = (5 \div 7) \text{ мм}$$

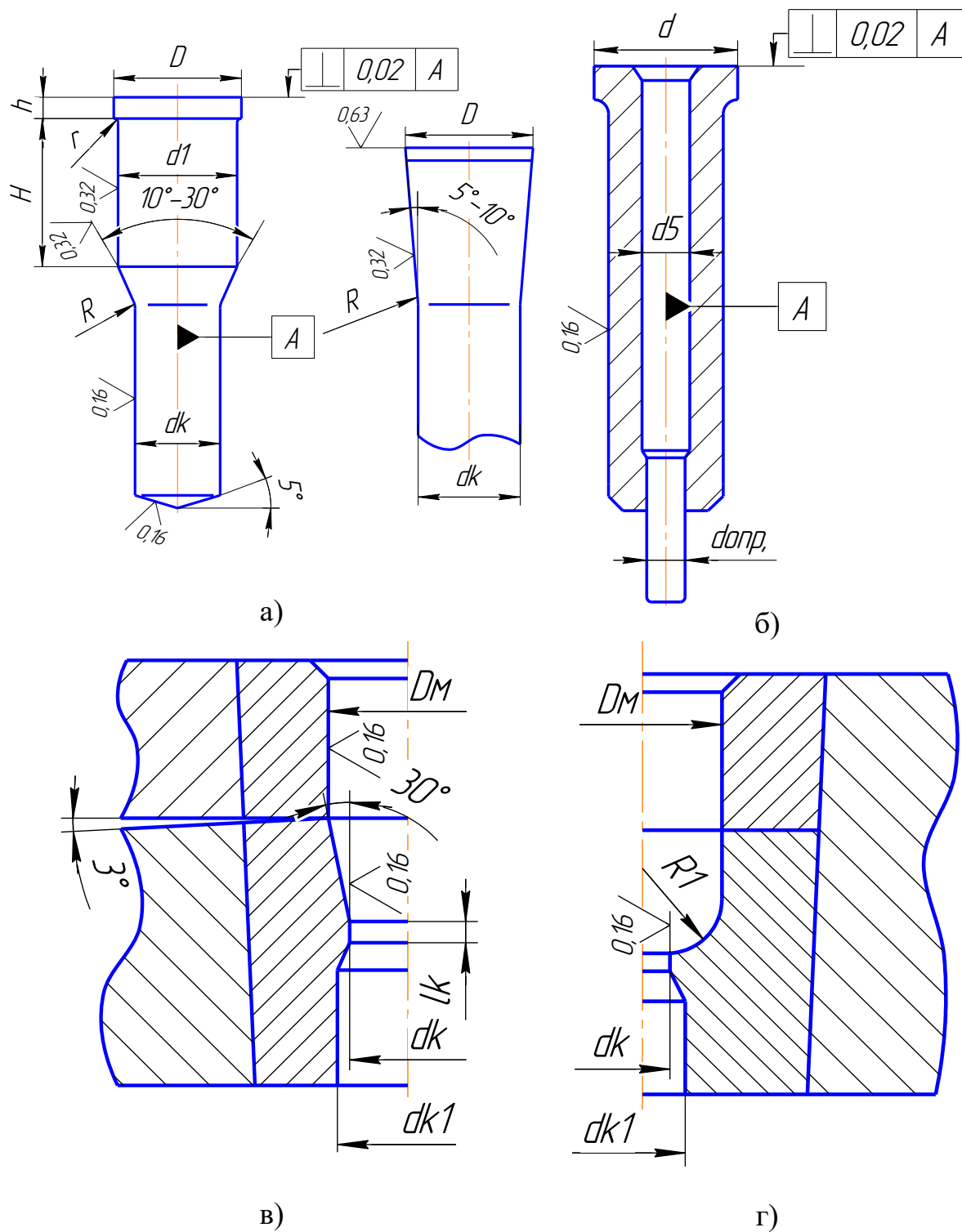


Рис. 4.2. Проектування інструмента для прямого видавлювання: а – пуансон; б – пуансон з оправкою для видавлювання заготовок з порожнинами; в – матриця з конічною перехідною ділянкою; г – матриця з радіусним переходом.

Радіус переходу від посадочної до опорної частини пуансона:

$$r = 0,1d_k$$

Радіус переходу від калібруючої частини до посадочної

$$R = dk$$

Радіус заокруглення матриці

$$R1 = 0,5D_m$$

*Проектування інструмента для холодного зворотного видавлювання
каліброваних заготовок.*

Деформуючий інструмент для зворотного видавлювання показаний на рис. 4.3. Пуансони типу представленого на рис. 4.3а можуть застосовуватись в штампах будь-якої конструкції. Більш довгі пуансони (рис. 4.3б) застосовуються тільки в комплекті з направляючими втулками. Характерною особливістю конструкцій матриць для зворотного видавлювання являється наявність в них у робочій порожнині трьох ступенів:

для вводу направляючої втулки - D_{m2} ; для попереднього розміщення заготовки - D_{m1} ; для видавлювання - D_m .

При конструюванні інструменту розміри визначаються по наведеним нижче формулах. Діаметр посадочної частини пуансона:

$d1 = (1,3 \div 1,5)dk$, де d_k - діаметр робочого пояса пуансона, який визначається по максимально допустимому розміру готової заготовки.

Діаметр опорної частини пуансона:

$$D = (1,4 \div 1,8)dk$$

Діаметр робочого торця пуансона:

$$d2 = (0,4 \div 0,6)dk$$

Мінімальний діаметр пуансона:

$$d3 = dk - 2z,$$

де z – зазор між калібруючим пояском і мінімальним діаметром пуансона.

$$z = 0,05 \div 0,15 \text{ мм}$$

Довжина робочого пояса пуансона: $lk = 2 \div 3 \text{ мм}$

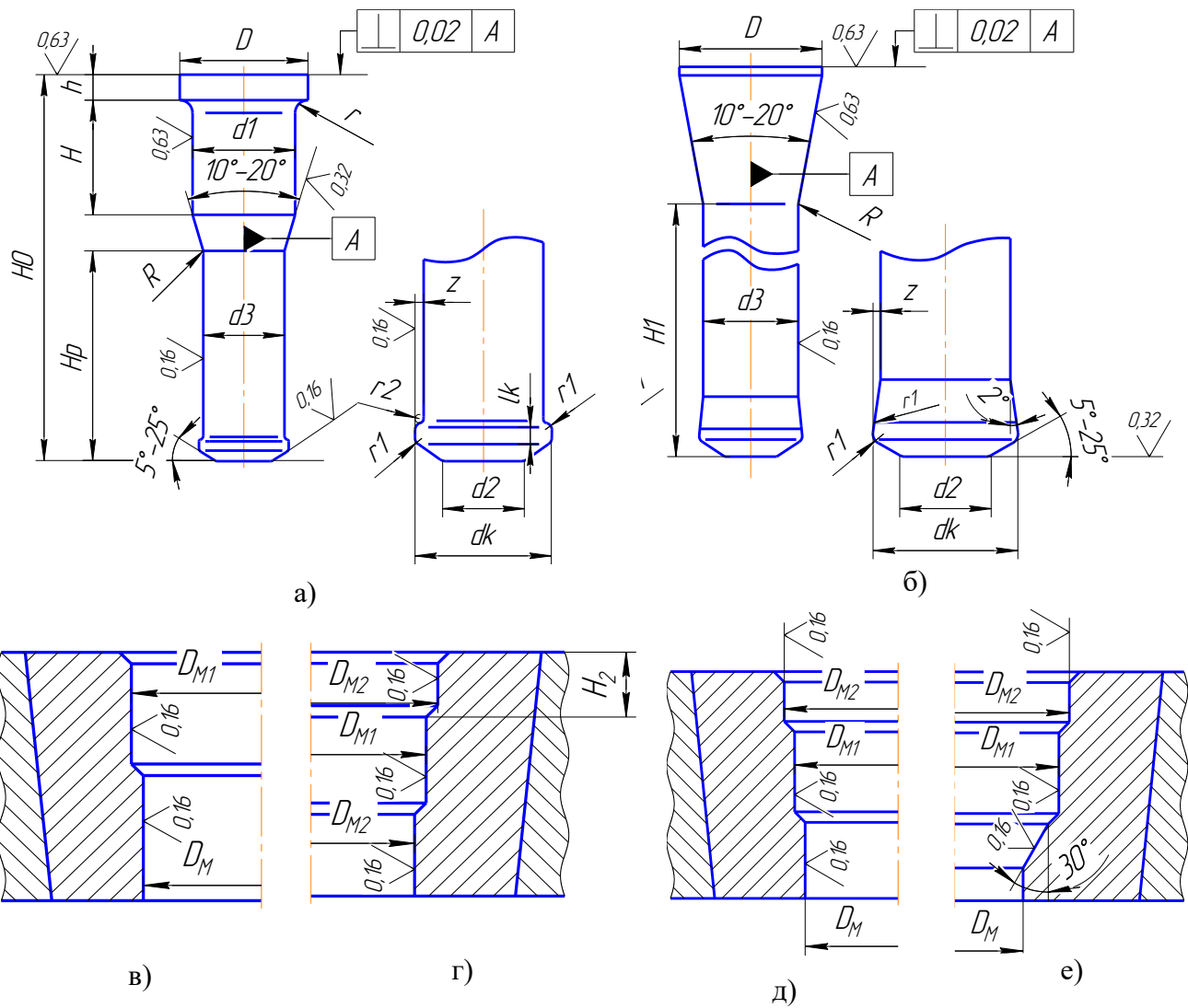


Рис. 4.3. Проектування інструменту для холодного зворотного видавлювання: а – пуансон для отримання деталей типу стакан з глибиною порожнини не перевищуючою його діаметра; б – пуансон для отримання глибоких стаканів; в – матриця для виготовлення коротких стаканів без направляючої втулки; г – матриця для виготовлення коротких стаканів з направляючою втулкою; д – матриця для видавлювання довгих стаканів з направляючою втулкою без штампувального уклону; е – матриця для видавлювання довгих стаканів з направляючою втулкою із штампувальним уклоном.

Радіус заокруглення робочого пояса:

$$r1 = 0,1dk$$

Радіус переходу від посадочної частини до опорної:

$$r = 0,2dk$$

Радіус переходу від робочої частини до посадочної:

$$R = dk$$

Довжина опорної частини пуансона:

$$h = 0,2D$$

Довжина посадочної частини пуансона:

$$H = (1,0 \div 1,5)d_1$$

Довжина робочої частини пуансона:

$$H_p \leq 2,5dk$$

Діаметр матриці під направляючу втулку:

$D_{m2} = 1,1D_m$, де D_m -робочий діаметр матриці, який визначається по мінімально допустимому розміру готової заготовки.

Західний діаметр матриці:

$D_{m1} = d_{заг} + \Delta$, де $d_{заг}$ - номінальний діаметр заготовки; Δ - діаметральний зазор рівний $0,03 \div 0,05 \text{ мм}$ при $d_{заг} \leq 15 \text{ мм}$; $0,1 \div 0,15 \text{ мм}$ при $15 \text{ мм} < d_{заг} \leq 30 \text{ мм}$ і $0,2 \div 0,3 \text{ мм}$ при $d_{заг} > 30 \text{ мм}$.

Допуски на розміри D_{m1} і D_{m2} призначаються по 6÷7 квалітету.

Відношення $H_1 / d_3 \leq 6$, де H_1 - довжина робочої частини пуансона.

Матриці для видавлювання сприймають дію радіальних розпираючих навантажень. Збільшення їх стійкості досягається за рахунок бандажування з певним натягом.

По кількості бандажів матриці діляться на одно - і багатобандажні. Перші застосовуються при штампуванні з радіальним розпираючим питомим зусиллям до 1400 МПа, другі - при видавлюванні з питомим зусиллям більше 1400 МПа. Розпираюче питоме зусилля визначають по виразу:

$$Pr = q - \sigma_{0,2}, \text{ де: } \sigma_{0,2} - \text{межа течії металу, що видавлюється;}$$

q – питоме зусилля деформування на пуансоні.

Розміри бандажів для одно бандажних матриць наведені в таблиці 4.1, багато бандажних – в таблиці 4.2. В цих таблицях D_m - діаметр порожнини робочої вставки матриці, D_1 - її зовнішній діаметр, D_2 і D_3 - зовнішні діаметри бандажів. Натяг Δ для однобандажних матриць згідно таблиці 4.1 назначають із розрахунку 0,005 мм на 1 мм діаметра. Величини натягів для матриць і бандажів згідно таблиці 4.2 визначаються так:

$$\Delta_1 = 0,0075 D_1$$

$$\Delta_2 = 0,004 D_2$$

Розміри бандажів для однобандажних матриць

Таблиця 4.1

Діаметри	Розміри, мм										
D_m	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
D_1	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
D_2	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280

Розміри бандажів для багатобандажних матриць

Таблиця 4.2

Внутрішнє розпираюче питоме зусилля, МПа	Діаметри	Розміри, мм									
1400	D_m	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	D_1	40	48	55	64	72	80	88	96	104	112
	D_2	56	67	77	90	102	112	123	135	146	157
	D_3	100	120	140	160	180	200	220	240	260	270
1500-1800	D_m	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	D_1	45	54	63	72	81	90	100	108	117	126
	D_2	72	87	100	115	130	144	160	173	187	202
	D_3	110	135	155	180	200	220	250	270	290	315
1900-2100	D_m	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	D_1	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	D_2	90	108	126	144	162	180	200	218	235	250

	D_3	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
--	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

При виготовленні і зборці збірних матриць для компенсації мікропластичних деформацій в контактних зонах рекомендовано збільшувати розрахункове значення натягів на 15% - 20%. Бандажі і матриці допускається застосовувати як циліндричні, так і конічні з кутом конуса $1^{\circ}30'$.

Збирання конічних бандажованих матриць повинно виконуватись від зовнішніх вставок до внутрішніх, а циліндричних бандажованих матриць - від внутрішніх обойм до зовнішніх (температура нагрівання бандажів при запресовці повинна бути не вище температури відпуску матеріалу бандажів при термічній обробці).

Технічні вимоги

На робочих поверхнях матриць, пуансонів і виштовхувачів для холодного видавлювання не допускаються risks від механічної обробки, котрі являються концентраторами напружень і призводять до виникнення тріщин і передчасному руйнуванню інструмента. При калібруванні заготовки пуансон і виштовхувач вводяться в матрицю по холодній посадці 7-го квалітету. При прямому видавлюванні виробів з внутрішнім отвором в зв'язку з інтенсивною течією металу в ході штампування вздовж оправки чистота її поверхні повинна відповідати $\sqrt[0,08]{\div \sqrt[0,04]{}}$.

Розрахунки та проектування других деталей штампа

Визначення розмірів плит і колонок. На рис. 4.4 показаний ескіз верхньої плити штампу з отворами під колонки та втулки та проточкою під опорну підкладку. Товщина верхньої та нижньої плит вибирається з виробничого досвіду та складає 65-75 мм в залежності від зусилля процесу ХОШ. Діаметр колонок приблизно дорівнює діаметру деформуючого пуансона d_k при прямому видавлюванні та $(2,0 \div 2,5)d_k$ при зворотному видавлюванні.

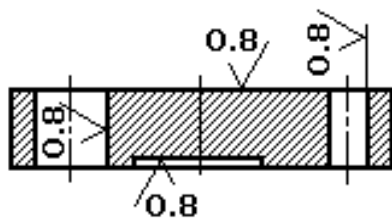


Рис. 4.4 . Ескіз верхньої плити штампу

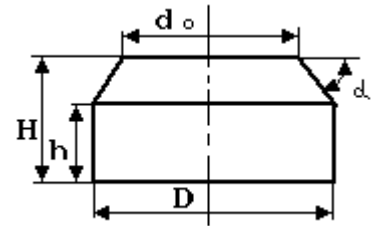
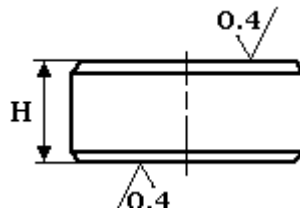


Рис. 4.5. Ескізи циліндричної та конічної опорних підкладок

Проектування опорних підкладок. На рис. 4.5 наведені ескізи циліндричної та конічної опорних підкладок під пуансони та виштовхувачі. Товщина циліндричної опори H при питомих зусиллях деформування 1800-2000 МПа складає 30-40 мм, а при 2000...2200 МПа - 40...45 мм. Ефективні конічні опори, розміри яких визначають так:

$$D = (2,3 \div 2,8)d_o; H = (1,25 \div 1,5)d_o; \alpha \geq 25^\circ,$$

де d_o - діаметр опорної частини пуансонів та виштовхувачів. Робочі поверхні плит та опор відповідно обробляються та шліфуються з забезпеченням мінімальної непаралельності.

Компонування загального вигляду штамп.

Для прикладу, на рис 4.6 показано компонування загального вигляду штамп для отримання виробу висаджуванням з видавлюванням.

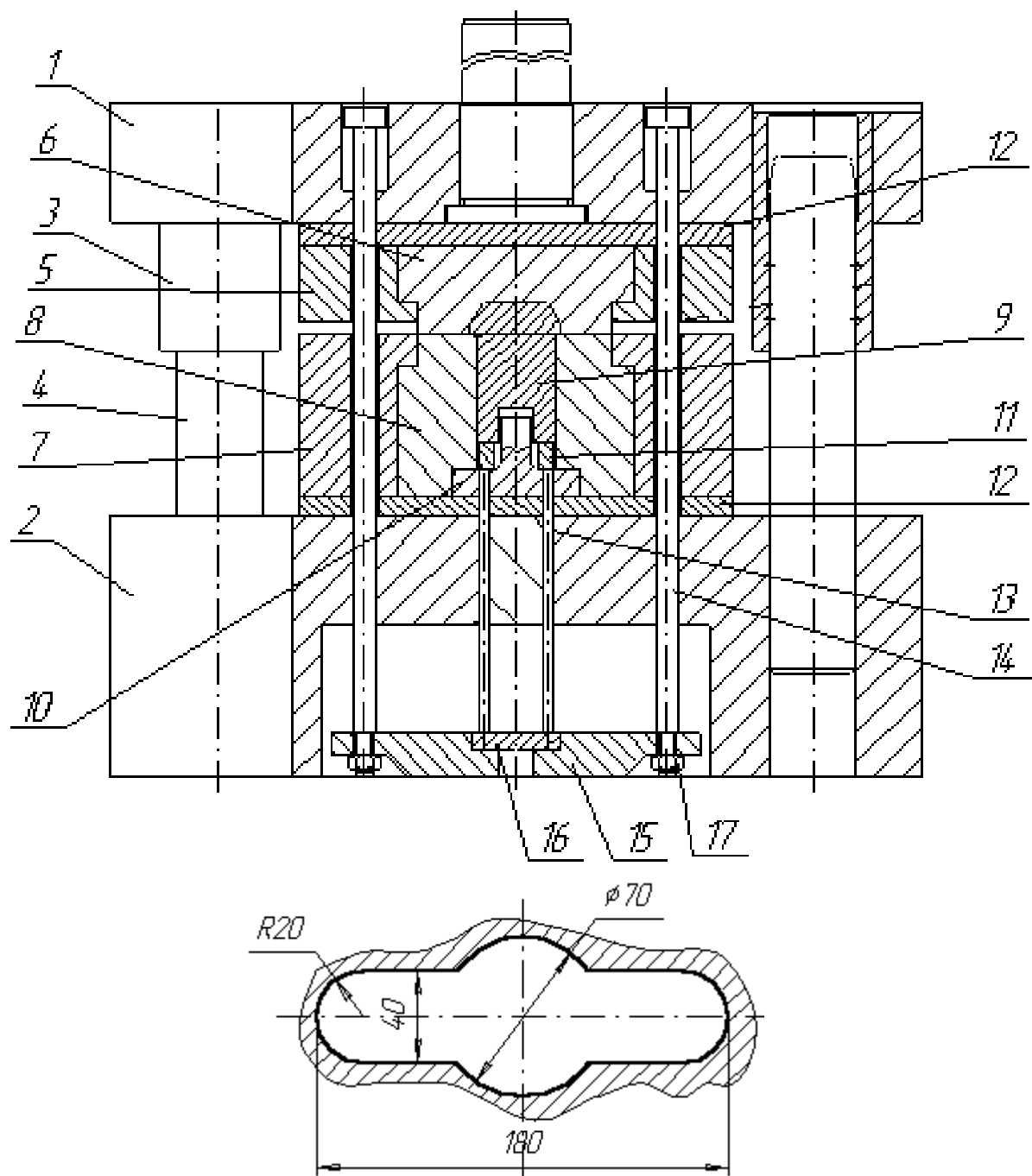


Рис. 4.6. Загальний вид штампа:

1- верхня плита, 2- нижня плита, 3- втулка, 4- колонка, 5- обойма пунсона для висаджування, 6- пунсон для висаджування, 7- обойма матриці, 8- матриця, 9- деталь, що видавлюється, 10- пуансон для видавлювання порожнини, 11- виштовхувач, 12- опорна підкладка, 13- штовхач, 14- тяга для переміщення виштовхувача при зворотному ході повзуна пресу, 15- коромисло, 16- підкладка під дві тяги, 17- гайка.

5. Типові конструкції штампового оснащення для отримання виробів методами ХОШ

Конструкція штампу для зворотного видавлювання з центруванням пуансона відносно матриці завдяки чотирьом колонкам і втулкам та із видаленням виробу за допомогою виштовхувача пресу зображена на рис. 5.1. Бандажована матриця 1 з виштовхувачем 2 і опорною плитою 3 встановлені в матрицетримачі. Матрицетримачі може бути цільним або набраним з плит 4-7. Матриця 1 і плити 4, 7 фіксуються до нижньої плити 9 за допомогою кільця 9, шпильок 18, шайб 19 та гайок 20. На плиті 9 може бути кільце 11, яке прикріплене гвинтами 22, для центрування штампу на столі пресу. Пуансонотримач 12 з пуансоном 15, кільцем 16 і гайкою 17 прикріплений гвинтами 21 до верхньої плити 13. Штамп встановлюється на гідравлічний прес, який має виштовхувач для видалення виробу з матриці після видавлювання за допомогою штовхача 10.

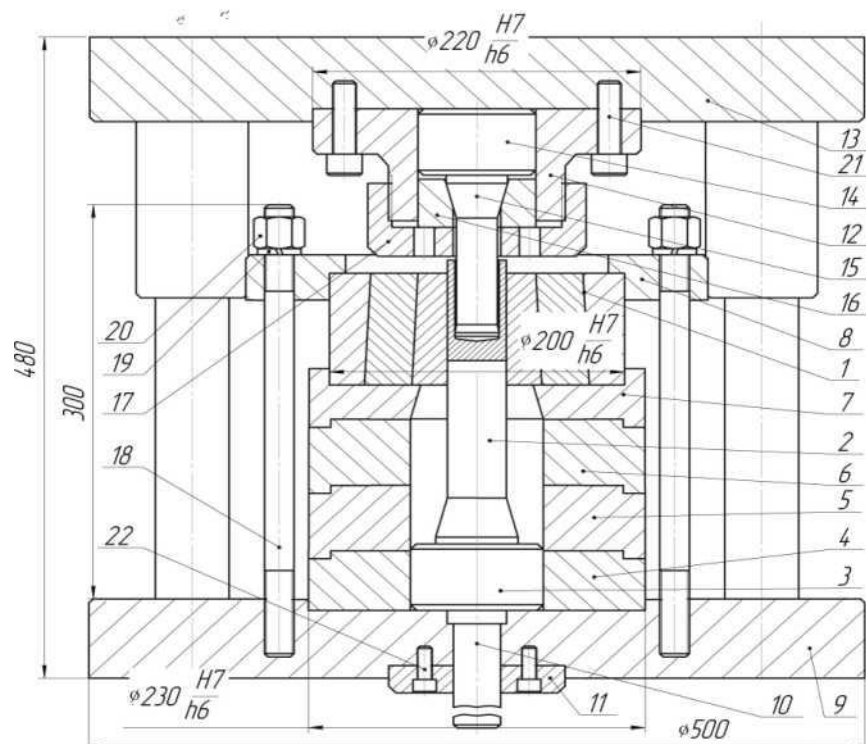


Рис. 5.1. Конструкція штампу з видаленням виробу із матриці за допомогою виштовхувача пресу

Штамп для комбінованого прямого-зворотного видавлювання із заготовки діаметром 35 мм виробу з порожниною діаметром 23 мм і

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a mold or press, showing a cross-section. The drawing includes various components labeled with numbers 1 through 24. Key dimensions are indicated: 400, 200, 170, 450, and 180. Tolerances are specified for several parts: H7/h6 for the central shaft and the lower shaft, and H7/h6 for the upper shaft. The drawing shows a complex arrangement of parts, including a central shaft, a lower shaft, and various housing and support components.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

для кріплення на столі і на повзуні гідравлічного пресу. При використанні кривошипного обладнання на верхній плиті може бути встановлений хвостовик. При видавлюванні пуансон 11 направляється по матриці 1 за допомогою втулки 12. Виштовхування виробу з матриці виконується тягами 15, коромислом 16 і виштовхувачем 17 при переміщенні вгору повзуна пресу з верхньою плитою 8. Штамп встановлюється на столі пресу на відповідні плити, щоб коромисло 16 не торкалося стола.

При зворотному видавлюванні виробів зі ступінчатою порожниною виріб може залишитися в матриці, або на пуансоні. З цієї причини, крім видалення виробу з матриці, в конструкції штампу необхідно передбачити

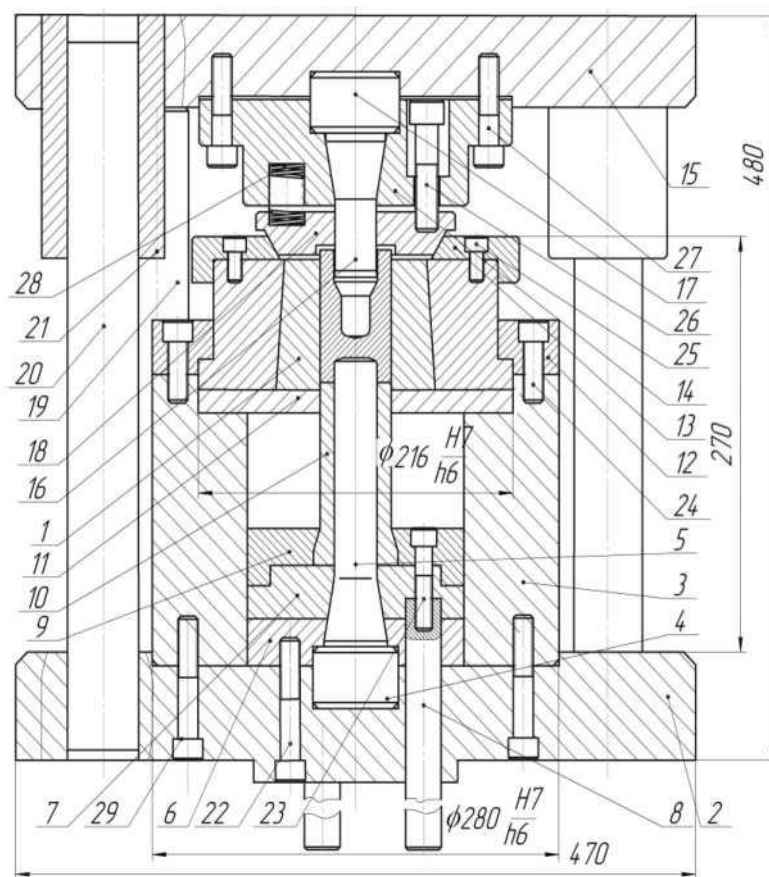


Рис. 5.3. Конструкція штампу з видаленням виробу із матриці за допомогою виштовхувача пресу та знімання його знімачем з пуансона (з діаметрами порожнин 22 і 30 мм), а пряме видавлювання - циліндричним

знімання виробу з пуансона. На рис. 5.3 представлена конструкція штампу, в якій передбачено видалення виробу з матриці за допомогою виштовхувача пресу та знімання його з пуансона із застосуванням знімача. Штамп призначений для прямого-зворотного видавлювання виробу із заготовки діаметром 50 мм. Зворотне видавлювання проходить ступінчастим пуансоном

пуансоном (діаметром 30 мм). Виштовхування виробу з матриці виконується виштовхувачем пресу, а знімання з пуансона - знімачем, який одночасно може виконувати центрування пуансона відносно матриці. Бандажована матриця 1 встановлена в обоймі 3, що зафіксована гвинтами 29 на нижній плиті 2. В обоймі 3 на опорній плиті 4 розміщений пуансон 5 і закріплений до плити 2 пуансонотримачем 6 та гвинтами 22. Також тут встановлене рухоме кільце 7, в якому розміщені три штовхачі 8. Друге рухоме кільце 9 із відштовхувальною втулкою 10 закріплене до штовхачів 8 гвинтами 23. Матриця 1 розміщена на плиті 11 і зафіксована до обойми 3 кільцем 12 та гвинтами 24. На матриці 1 встановлене направляюче кільце 13 з конусною внутрішньою поверхнею та закріплене гвинтами 25. Пуансонотримач 14 прикріплений гвинтами 27 до верхньої плити 15 штампу. В пуансонотримачі 14 розміщений пуансон 16 на опорній плиті 17, а також на гвинтах 26 встановлений знімач 18 з конусною зовнішньою поверхнею. Знімач 18 спирається на чотири пружини 28 і утримується гвинтами 26. На плиті 2 розташовані по діагоналі два обмежувачі 19 переміщення верхньої плити 15 та дві направляючі колонки 20. Відповідно на плиті 15 встановлені дві втулки 21. Плити 2 і 15 мають прямокутну форму. Виштовхування виробу з матриці виконується виштовхувачем пресу через штовхачі 8, кільця 7 і 9 та втулку 10. Знімання виробу з пуансона проходить знімачем 18, який приводиться в рух пружинами 28. Перед видавлюванням знімач може виконувати центрування пуансона 15 відносно матриці 1 шляхом розміщення знімача 18 по конічній поверхні кільця 13.

Далі наведені конструкції штампів, які розроблені для отримання виробу комбінованим видавлюванням, витягуванням з потоншенням та формуванням горловини. На рис. 5.4 показаний штамп для прямого-зворотного видавлювання, який складається з блоку, що містить нижню плиту 12 та верхню плиту 13, а також має для направлення дві колонки 18 і 19 та дві втулки 20 і 21. На нижній плиті 12 на підкладній плиті 14, стоїть

обойма 5 з опорним кільцем 3, опорною плитою 6 та виштовхувачем 2. На обойму 5 встановлена матриця 1 та зафіксована до обойми 5 за допомогою кільця 4, шайб 31 і болтів 25. До верхньої плити 13 за допомогою гвинтів 28 прикріплений пуансонотримач 10. В ньому розміщена опорна плита 7 і конусне кільце 23. За допомогою гайки 8 і конусного кільця 23, пуансон 11 притискається до плити 7, яка спирається на плиту 13. Пуансон 11 додатково направляється по матриці за допомогою втулки втулки 9.

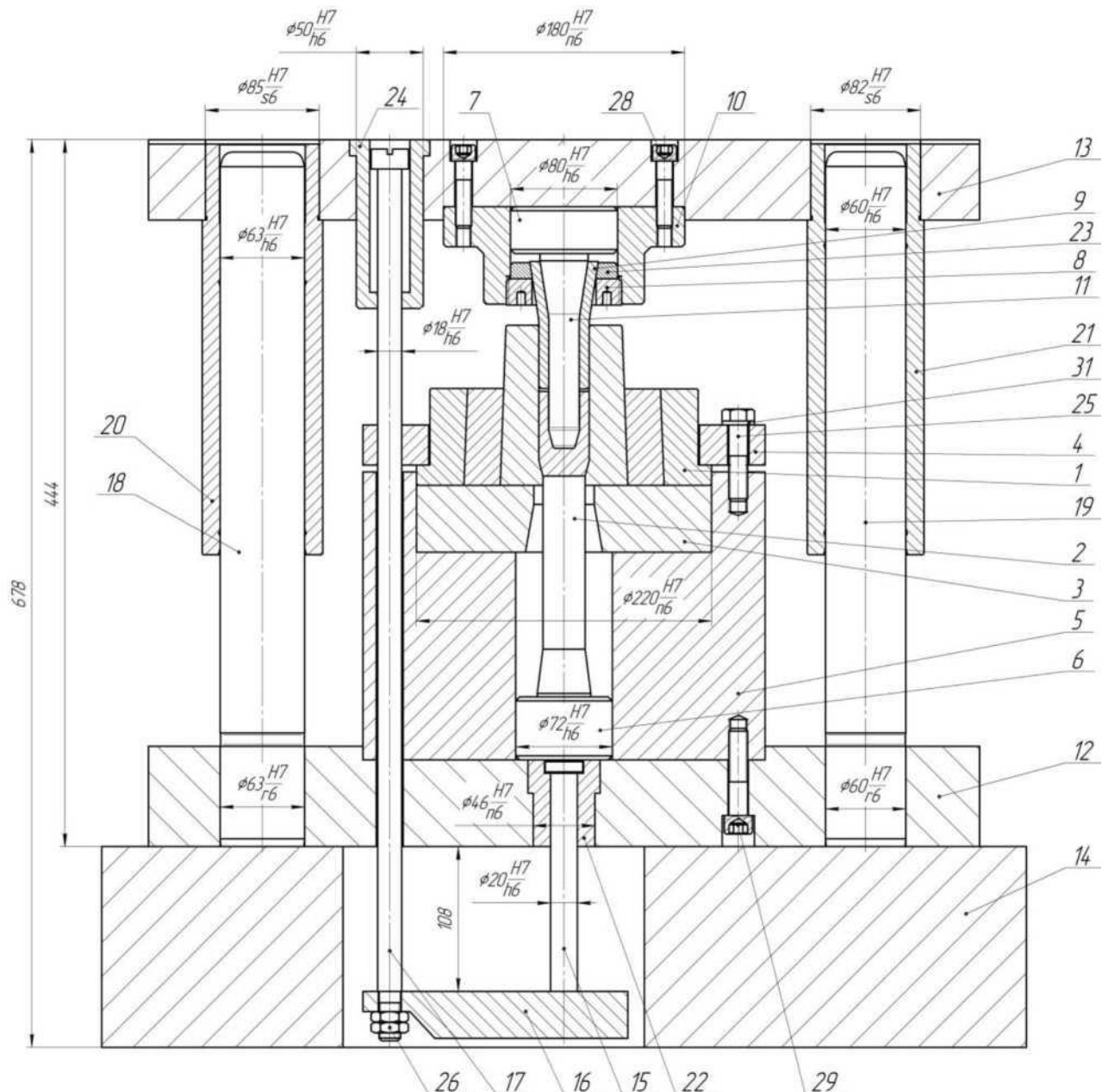


Рис. 5.14. Штамп для прямого-зворотного видавлювання

Для виштовхування деталі з матриці передбачені дві тяги 17, що зв'язані з

верхньою плитою 13 за допомогою двох втулок 24. В кільці 4 і обоймі 5 передбачені отвори для тяг 17, до яких за допомогою гайок 26 кріпиться коромисло 16. На коромислі 16 стоїть штовхач 15. Перед видавлюванням, зазор між торцем пуансона 11 і поверхнею матриці 1 повинен бути трохи більшим за висоту напівфабрикату. Вихідна заготовка встановлюється в матриці 1. При ході повзуна вниз виконується процес видавлювання. Після видавлювання верхня плита 13 рухається вгору, захоплює тяги 17 з коромислом 16, штовхачем 15, плитою 6 і виштовхувачем 2. Виштовхувач 2 видаляє напівфабрикат з матриці 1.

Штамп для витягування з потоншенням показаний на рис. 5.5. Штамп складається з блоку, який містить нижню плиту 8 та верхню плиту 7, а також має дві колонки 15 і 16 та дві втулки 13 і 14. На нижній плиті встановлена нижня обойма 6 та верхня обойма 5, на якій розміщена бандажована матриця 1. Матриця 1 притискається до нижньої плити притискним кільцем 3 через направляюче кільце 4 за допомогою шпильок 12, гайок 18 і шайб 21. У верхню плиту 7 встановлений пуансонотримач 10 з пуансоном 2 і плитою 11 та зафіксований за

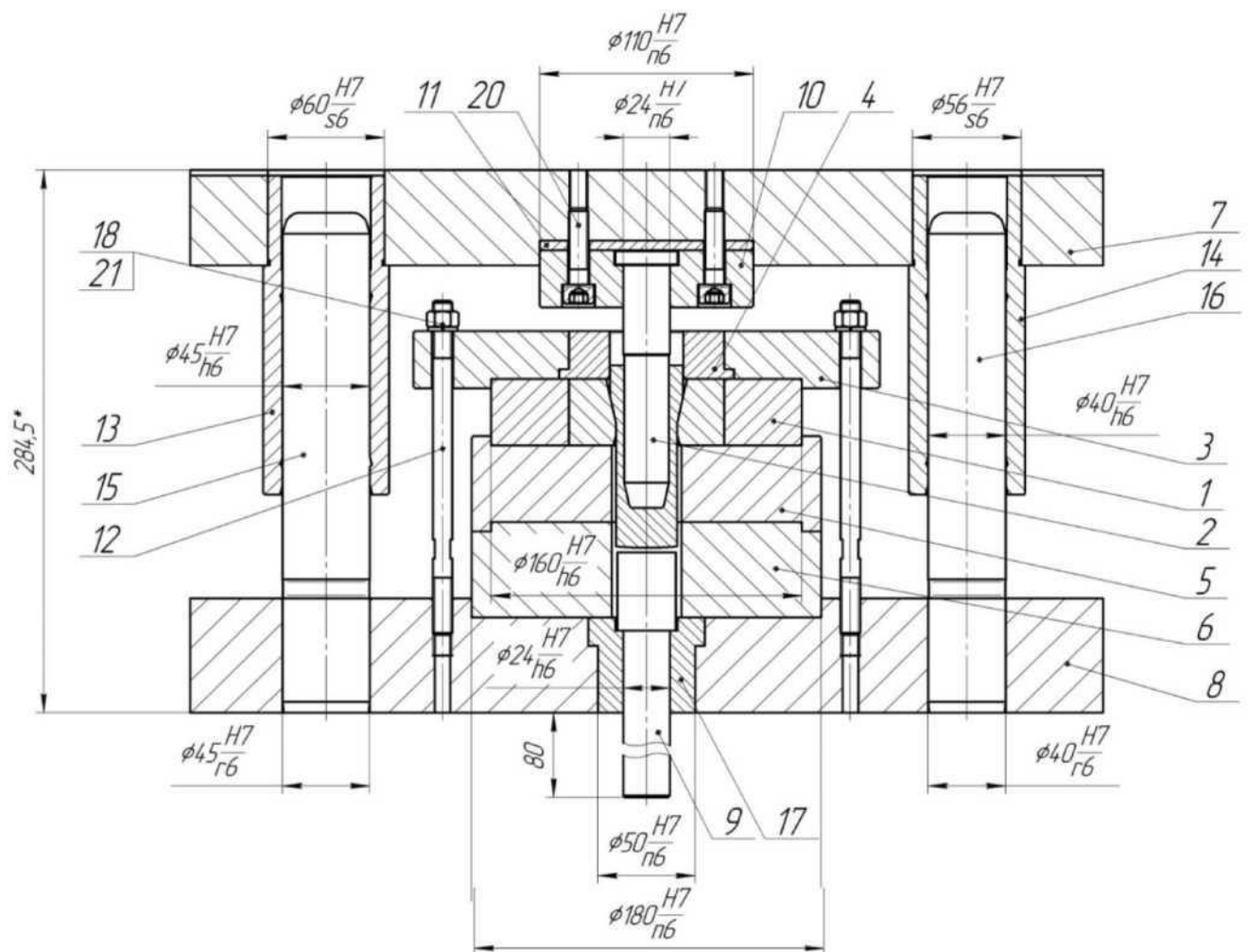


Рис. 5.5. Штамп для витягування з потоншенням

зафіксований за допомогою болтів 20. Для виштовхування напівфабрикату з матриці у штампі передбачений штовхач 9 з можливістю руху по направляючій втулці 17. Перед витягуванням зазор між торцем пуансона 2 і поверхнею матриці 1 повинен бути більшим за висоту напівфабрикату, який отримується витягуванням. Напівфабрикат після першого переходу видавлювання встановлюється в матрицю 1. При ході повзуна вниз виконується процес витягування з потоншенням. Після витягування верхня плита 7 рухається вгору. Виштовхувач пресу діє на штовхач 9, який видаляє отриманий напівфабрикат з матриці 1.

Для проведення експериментальних робіт по розрахункових даних було спроектовано та виготовлено штамп для прямого видавлювання по схемі «заготовка за заготовкою». Конструкція штампу зображена на рис. 5.6.

Двохбандажована матриця 1 і однобандажований контейнер 2 розміщені на опорі 11 та закріплені до нижньої плити 10 за допомогою кільця 12, шпильок 15, шайб 16 і гайок 17. До верхньої плити 9 гвинтами 13 з шайбами 14 закріплений пуансонотримач 4 з п'ятою 6 та підп'ятником 7. В пуансонотримачі 4 розміщені конусне кільце 5 з пуансоном 3 та зафіксовані гайкою 8. В контейнер 2 спочатку встановлюється перша заготовка. При ході повзуна вниз вона видавлюється з пресзалишком висотою 5 мм. Після цього в контейнер 2 розміщується друга заготовка, яка при наступному переміщенні повзуна пресу повністю видавлює першу заготовку із матриці 1.

Штамп встановлювався на гідравлічному пресі ДБ2432 зусиллям 1,6 МН. Вихідні заготовки із сталі 45ХНМФА-Ш підлягали відпалу і очищенню поверхонь за допомогою травлення. В якості змащення використовувалося фосфатування з омилюванням з подальшим висушуванням заготовок на повітрі.

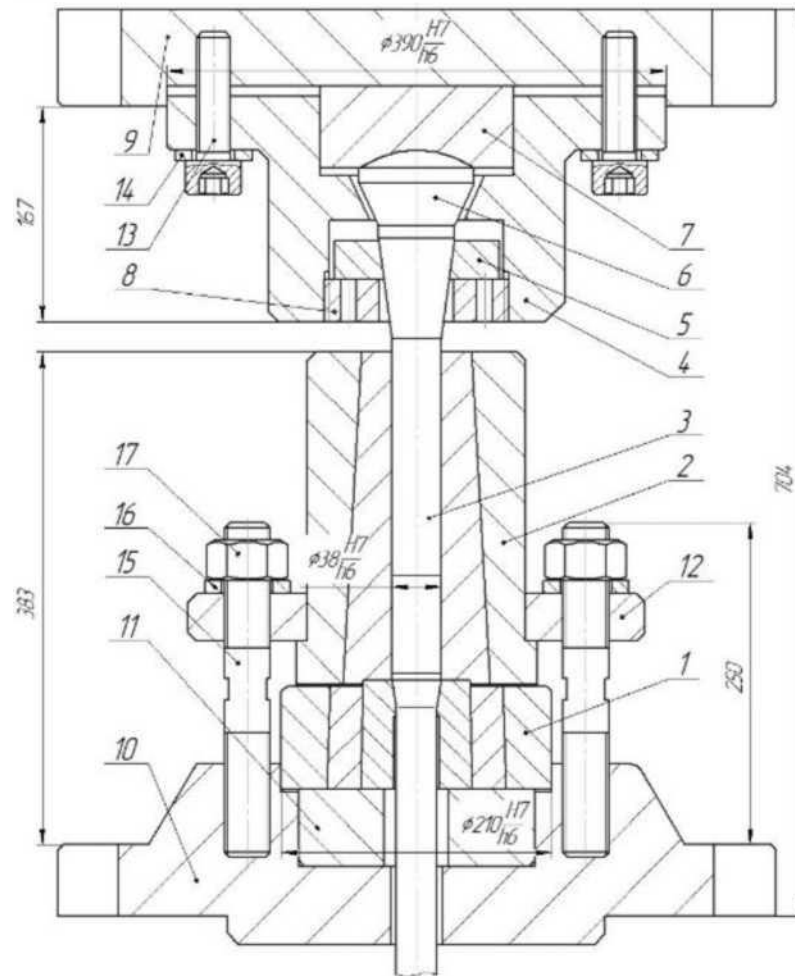


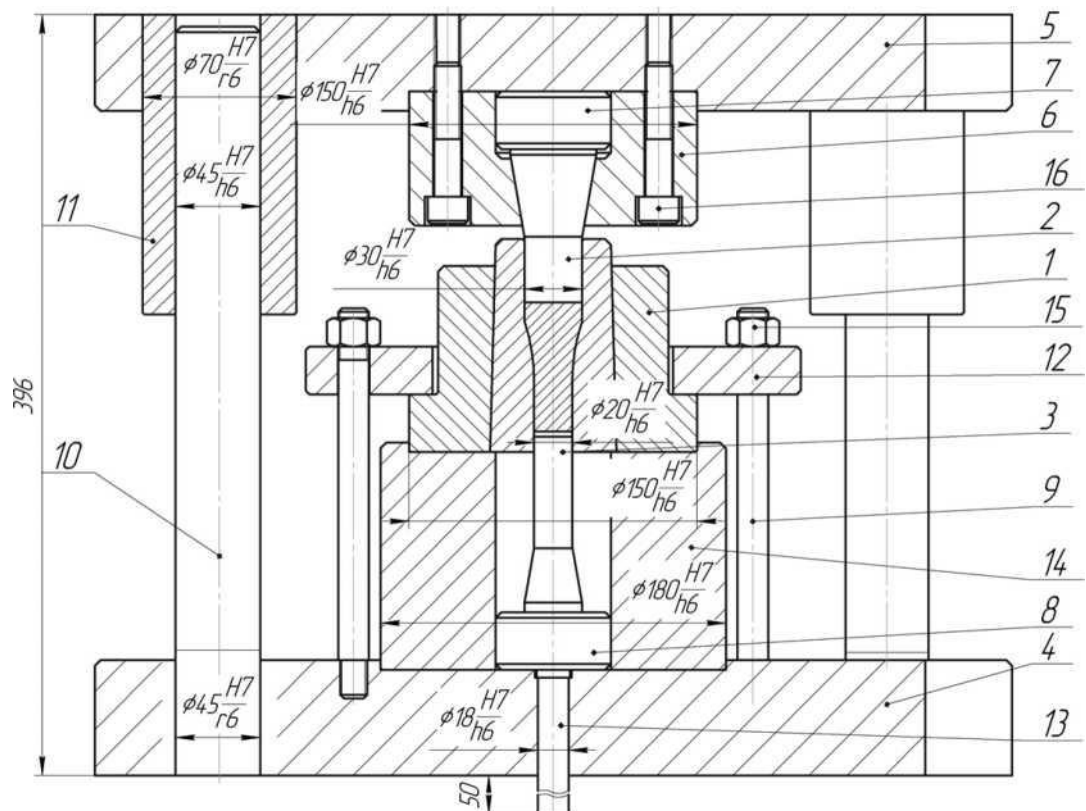
Рис. 5.6. Конструкція штампу для прямого видавлювання.

Інша конструкція штампу, в якій використаний блок з колонками і втулками, зображена на рис. 5.7 та призначена для видавлювання із вихідних заготовок діаметром 20 мм стержнів з потовщенням у вигляді фланця. Однобандажована матриця 1 з виштовхувачем 3 розміщені на обоймі 14, яка розміщена на нижній плиті 4 штампу з відповідною посадкою. Також в обоймі 14 на нижній плиті 4 встановлена опорна плита 2. Матриця 1 зафіксована до обойми 14 за допомогою кільця 12, шпильок 9 та гайок 15. В нижній плиті 4 розміщений штовхач 13. До верхньої плити 5 штампу гвинтами 16 закріплений пуансонотримач 6, в якому встановлені пуансон 2 і опорна плита 7.

В вихідному стані відстань між верхнім торцем матриці 1 і нижнім торцем пуансона 2 трохи більша за висоту виробу. В матрицю 1 встановлюється вихідна заготовка. При опусканні вниз верхньої плити 5

штампу виконується пряме видавлювання. Видалення виробу із матриці 1 виконується за допомогою виштовхувача пресу, який приводить в рух штовхач 13, опорну плиту 8 та виштовхувач 3.

Такі конструкції штампів можуть бути встановлені на кривошипне пресове обладнання. Виштовхування виробів з матриці можна забезпечити за допомогою тяг і коромисла по аналогії із штампами для зворотного видавлювання.



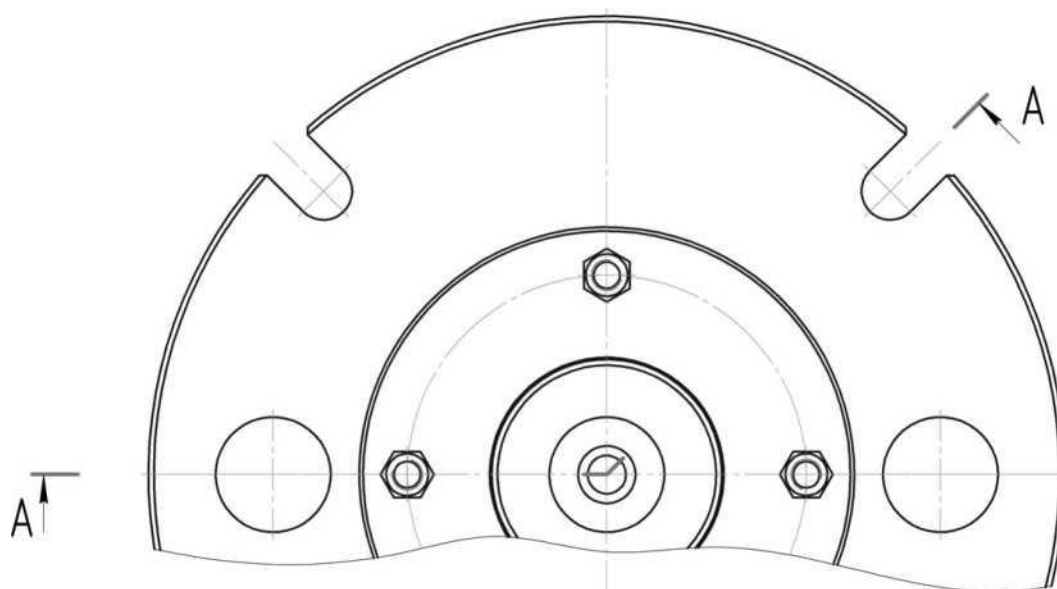


Рис. 5.7. Конструкція штамп для видавлювання стержнів з потовщенням у вигляді фланця

ЛІТЕРАТУРА

1. В.А. Кроха Упрочнение металлов при холодной пластической деформации. М.: Машиностроение, 1980. – 158 с.
2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т/Ред. Совет: Е.И. Семенов (пред.) и др.- Машиностроение, 1987 – т. 3. Холодная объемная штамповка/Под ред. Г.А. Навроцкого. 1987. – 384 с.
3. Евстратов В.А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1987. – 144с.
4. Соловцов С.С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
5. Холодная объемная штамповка. Справочник. Под ред. Г.А. Навроцкого. М.: Машиностроение, 1973, - 496 с.